

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Sami Douba

ILMAÄNENERISTÄVYYDEN MITTAUS JA LAADUNVARMISTUS
RAKENNUSHANKKEESSA

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2018
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Sami Douba

Nimeke
Ilmaääneneristävyyden mittaus ja laadunvarmistus rakennushankkeessa

Tiivistelmä

Tässä työssä käsitellään yleisesti ääniteknisten rakenteiden suunnittelua ja niiden toteutustapoja työmaalla. Lisäksi tutustutaan äänitekniisiin laadunvarmistuksen menetelmiin.

Työssä käytiin läpi Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinteen kampuksen D-talon terveydenhoitajien, oppilaitospapin, psykologin, opinto-ohjaajan ja opintokuraattorin työskentelytilojen sekä E-talon sisäliikuntasalin ja sen viereisten luokkatilojen välillä todettuja äänivuotoja.

Työskentelytiloissa on aiemmin suoritettu rakenteiden ilmaääneneristävyysmittaus, jonka perusteella on päädytty korjaamaan työskentelytilojen väliovia. Korjaustoimenpiteiden jälkeen tiloihin on suoritettu uusi ilmaääneneristävyysmittaus. Kumpikin työskentelytiloissa suoritettu mittaus käytiin läpi ja tarkasteltiin korjaustoimenpiteiden vaikutusta rakenteiden ilmaääneneristävyyksiin. Käytiin läpi myös sisäliikuntasalissa aiemmin tehdyn ilmaääneneristävyysmittauksen tulokset.

Ilmaääneneristävyysmittausten ja viimeisimmän rakenteiden ilmaääneneristävyyden vuotokohtia tutkivan mittauksen tulosten perusteella pystyttiin toteamaan, että rakenteiden jatkokorjaustoimenpiteille on tarvetta. Lisäksi voitiin todeta, että työskentelytilojen ja sisäliikuntasalin ääniteknisessä rakennesuunnittelussa ja rakenteiden toteutuksessa oli laadullisia puutteita, joilla on osuutta tiloista löytyneisiin äänivuotoihin.

Kieli	Sivuja	51
suomi	Liitteet	4
	Liitesivumäärä	58

Asiasanat

ilmaääneneristys, ääneneristuksen laadunvarmistus, äänivuoto, tuotanto, suunnittelu



THESIS
March 2018
Degree Programme in Civil Engineering

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Sami Douba

Title
Measuring and Quality Assurance of Airborne Sound Insulation in a Construction Project

Abstract

In this thesis, the design and production of generally used soundproofing structures are studied along with common quality assurance methods for soundproofing used during the designing and production phases of a construction project.

The thesis is based on two reports of structural airborne sound insulation measurements taken in the office spaces of certain Karelia UAS staff and an indoor gym in Tikkarinne Campus. Between the reports, corrections were made to the doors of the office spaces. In addition, the thesis deals with a report of airborne sound insulation measurements taken in the indoor gym and a report of sound leak measurements taken in both the office spaces and the indoor gymnasium.

The results of these reports indicated that there is a need for additional corrections to be made and that the problems discovered in these spaces were caused to some extent by substandard quality of designing and fabrication of the space dividing soundproofing structures.

Language

Finnish

Pages 51

Appendices 4

Pages of Appendices 58

Keywords

quality assurance, sound proofing, airborne sound insulation, measuring, designing

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Työn tausta	5
1.2	Työn tavoite ja rajaus	5
2	Äänitekniset rakenteet	6
2.1	Ääneneristävyys	6
2.2	Ääneneristykselle asetetut vaatimukset	6
2.3	Ilmaääneneristävyys	8
2.4	Sivutiesiirtymä	10
2.5	Ääntä eristävät seinärakenteet	11
2.6	Rakenteiden tiiviys	14
2.6.1	Rakojen vaikutus rakenteen tiiviyteen	14
2.6.2	Liitoskohtien rakennesauma	14
2.6.3	Rakenteiden läpiviennit	16
2.6.4	Oven tiivistäminen	16
3	Ääneneristuksen laadunvarmistus rakennushankkeessa	17
3.1	Ääneneristuksen laadunvarmistus suunnitteluvaiheessa	18
3.1.1	Tarveselvitys	18
3.1.2	Hankesuunnittelu	19
3.1.3	Luonnossuunnittelu	19
3.1.4	Toteutussuunnittelu	20
3.2	Ääneneristuksen laadunvarmistus tuotantovaiheessa	20
3.2.1	Työvaiheen valmistelu	21
3.2.2	Työvaiheen aloitus	22
3.2.3	Työvaiheen aikana suoritettavat tehtävät	23
3.2.4	Työvaiheen lopetus	25
4	Tikkarinne	26
4.1	Suoritetut mittaukset	29
4.1.1	Työskentelytiloissa suoritetut mittaukset	29
4.1.2	Sisäliikuntasalissa suoritetut mittaukset	31
4.2	Mittaustulosten tulkinta	32
4.2.1	Työskentelytilojen mittaustulosten tulkinta	32
4.2.2	Sisäliikuntasalin mittaustulosten tulkinta	39
5	Johtopäätökset	44
6	Pohdinta	47
6.1	Tulokset ja yhteenveto	47
6.2	Korjaus- ja jatkotoimenpiteet	47
	Lähteet	50

Liitteet

Liite 1	Ilmaäänennmittausraportti 03/16
Liite 2	Ilmaäänennmittausraportti 10/16
Liite 3	Ilmaäänennmittausraportti 02/18
Liite 4	Ilmaäänennmittausraportti 06/17

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Tämä opinnäytetyö sai alkunsa, kun Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinteen kampuksen terveydenhoitajat, oppilaitospappi, psykologi ja opintokuraattori ilmoittivat heidän työskentelytilojensa ääneneristyksen olevan riittämätön.

Kyseisissä tiloissa on jo aiemmin suoritettu ilmaääneneristävyysmittauksia, joiden perusteella toimistojen välioviin oli tehty korjaustoimenpiteitä tilojen välisen ääneneristävyyden parantamiseksi. Korjaustoimenpiteiden jälkeen ääneneristävyyden todettiin uusintamittauksella paremmaksi, mutta siitä huolimatta käyttäjät kokivat tilojen ääneneristyksen puutteelliseksi.

Koska tiloissa keskustellaan luottamuksellisista asioista, on hyvä ääneneristävyyden tilojen välillä tärkeää. Suurimmaksi ongelmaksi käyttäjät kokivat nimenomaan oman työskentelytilansa ja siihen liittyvän odotustilan välisen ääneneristävyyden. Käyttäjien mukaan normaalilla äänentasolla käyty keskustelu kuuluu odotustilaan selvästi ja puhe on erotettavissa. Myös Tikkarinteen kampuksella olevan sisäliikuntasalin ja sen viereisten luokkatilojen välinen ääneneristys on koettu riittämättömäksi.

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Tikkarinteen tapaukselle relevantteja äänitekniisiä ratkaisuja, niiden ongelmakohtia ja suositeltuja toteutustapoja. Työssä käytiin myös läpi rakennushankkeen äänitekniiseen suunnitteluun ja tuotantoon liittyviä laadunvarmistuksen menetelmiä sekä Tikkarinteen tiloissa suoritettuja ilmaääneneristävyysmittauksia, joissa oli käyty läpi rakenteista löytyneet ilmaäänivuotokohdat ja ilmaääneneristävyydet.

Tutkimuksen perusteella pyrittiin selvittämään, johtuivatko Tikkarinteen tiloissa koetut ongelmat ääniteknisen suunnittelun tai toteutuksen laadullisista puutteista.

Työn kirjallinen tutkimus on rajattu rakenteiden osalta koskemaan vain seinärakenteiden, rakenneliitosten, läpivientien ja ovien ilmaääneneristävyyteen sekä sivutiesiirtymään liittyviä asioita. Laadunvarmistuksen osalta työssä on käyty läpi yleisesti rakennushankkeen laadunvarmistusprosessia äänitekniseltä näkökannalta katsottuna niin hankkeen suunnittelu- kuin tuotantovaiheessa. Tikkarinteen tilojen tutkimus on rajattu koskemaan vain seinärakenteita, läpivientejä ja ovia.

2 Äänitekniset rakenteet

2.1 Ääneneristävyys

Ääneneristävyydellä tarkoitetaan eristävän rakenteen, kuten seinän kykyä alentaa sen läpi kulkevan äänen tehotasoa. Ääni voi joko kulkea eristävän rakenteen läpi, heijastua siitä tai absorboitua siihen. [1, 135.]

Ääneneristävyyden massalaissa määritellään, että rakenteen pintayksikön massalla kg/m^2 on suurin vaikutus tiiviin rakenteen ääneneristykseen. Rakenteen massan kaksinkertaistuessa rakenteen ääneneristävyys paranee noin 6 dB. Myös rakenteen jäykkyydellä ja absorptiokyvyllä on vaikutusta rakenteen ääneneristävyyteen. [2, 1 - 2.]

2.2 Ääneneristykselle asetetut vaatimukset

Ääneneristyksen toteutus ja suunnittelu uudisrakentamisessa pohjautuu Suomen Rakennusmääräyskokoelman osaan C1 Ääneneristys ja meluntorjunta, määräykset ja ohjeet 1998 ja osaan D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto,

määräykset ja ohjeet 2012. Korjausrakentamisessa ja muutostöissä ääneneristyksen toteutusta ohjaa rakennuslain 15 §. [3, 3.]

Uudisrakentamisessa ääneneristykselle asetetuista vaatimuksista olennaisimmasta on rakennusmääräyskokoelman osassa C1 kerrottu seuraavasti:

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että rakennuksessa tai sen lähellä oleskeleville ei aiheudu liian suuresta melutasosta terveydellistä haittaa, eikä melutaso estä mahdollisuutta nukkua, levätä tai työskennellä riittävän hyvissä ääniolosuhteissa. Tämä vaatimus on täytettävä normaalilla rakennuksen kunnossapidolla koko rakennuksen käyttöiän ajan. [3, 3.]

Muutos- ja korjaustoimenpiteissä uudisrakentamiselle asetettuja määräyksiä on sovellettava sen mukaan kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen käyttötapa vaativat. Käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua, eivätkä heidän terveydelliset olosuhteensa saa heiketä toimenpiteen seurauksena. [3, 3.]

Rakentamiselle asetetut ääneneristykseen ja meluntorjuntaan liittyvät vaatimukset katsotaan täytetyiksi, kun rakennus suunnitellaan ja rakennetaan määräyksissä sekä ohjeissa esitetyllä tavalla tai jos voidaan luotettavasti muulla tavoin todentaa vaatimus täytetyksi. Akustisen suunnittelun lähtökohtana on tilojen käyttötarkoitus ja ympäröivät tilat, sekä niiden terveellisyys, viihtyisyys ja tarkoituksenmukaisuus [3, 3 - 4; 4, 9.]

2.3 Ilmaääneneristävyys

Ilmaääneneristävyydellä tarkoitetaan rakenteen kykyä eristää sen läpi kulkevan ilmassa etenevän äänen tehotasoa. Ilmaääneneristävyyttä mitataan ilmaääneneristysluvulla R_w (dB) tai R'_w (dB). R_w (dB) kuvastaa rakenteen laboratorioolosuhteissa mitattua ilmaääneneristyslukua, kun taas R'_w (dB) kuvastaa rakennuksessa rakenteesta mitattua ilmaääneneristyslukua. Ilmaääneneristysluku R'_w on aina alempi kuin laboratoriossa mitattu luku. [2, 16; 4, 65; 5,1.]

Ilmaääneneristävyyden yksikkö on desibeli ja mitä suurempi arvo on, sen parempi on rakenteen ilmaääneneristävyys. Taulukossa 1 on Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 määritellyt ilmaääneneristävyyden vähimmäisvaatimukset asuinrakennuksille ja muille tiloille.

Taulukko 1. Ilmaääneneristysluvun R'_w (dB) vähimmäisarvot [2, 5 - 6].

Ilmaääneneristävyyden vähimmäisarvot	dB
Asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä	55
Asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi	39
Potilashuoneiden tai vastaavien tilojen välillä, kun välissä ei ole ovea	48
Luokkahuoneiden tai vastaavien tilojen välillä, kun välissä ei ole ovea	44
Asuinhuoneiston porrastaso-ovi tai oviyhdistelmä	30

Oppilaitoksien toimistotiloissa, joissa käydään luottamuksellisia keskusteluja, on tilojen ääniolosuhteiden taattava luottamuksellisuuden säilyvyys. Jos toimistohuoneisiin liittyy vastaanottotila, on toimistojen ja vastaanottotilan välisen ilmaääneneristysluvun vähimmäisarvo R'_w 44 dB. Oppilaitosten sisäliikuntatilojen ja niitä ympäröivien opetustilojen välisten rakenteiden ilmaääneneristysluvun suositusarvo on vähintään $R'_w \geq 60$ dB. [6, 8, 35, 64 - 65.]

Ympäristöministeriön oppaassa Ääneneristäminen rakennuksessa [7], on käyty läpi rakenteen ilmaääneneristävyys ja rakenteen läpi kuuluvan puheen yhteyttä (taulukko 2).

Taulukko 2. Rakenteen ilmaääneneristävyys ja puheen kuuluvuuden yhteys [7, 18].

Ilmaääneneristävyys ja puheen yhteys	R'_w (dB)
Rakenne ei juurikaan eristä tilojen välistä ääntä	< 30
Normaalilla keskusteluääni kuuluu rakenteen läpi, sanat kuuluvat selvästi	> 35
Normaalilla keskusteluääni ei kuulu rakenteen läpi, sanat kuuluvat epäselvästi	> 40
Normaali keskusteluääni ei kuulu rakenteen läpi, mutta voimakkaalla keskusteluäänellä sanat kuuluvat selvästi	> 45
Voimakas keskusteluääni kuuluu rakenteen läpi, sanat kuuluvat epäselvästi	> 50
Voimakas keskusteluääni ei kuulu rakenteen läpi, mutta voimakkaalla huutoäänellä sanat kuuluvat selvästi	> 55
Voimakas huutoääni kuuluu rakenteen läpi, sanat kuuluvat epäselvästi	> 60

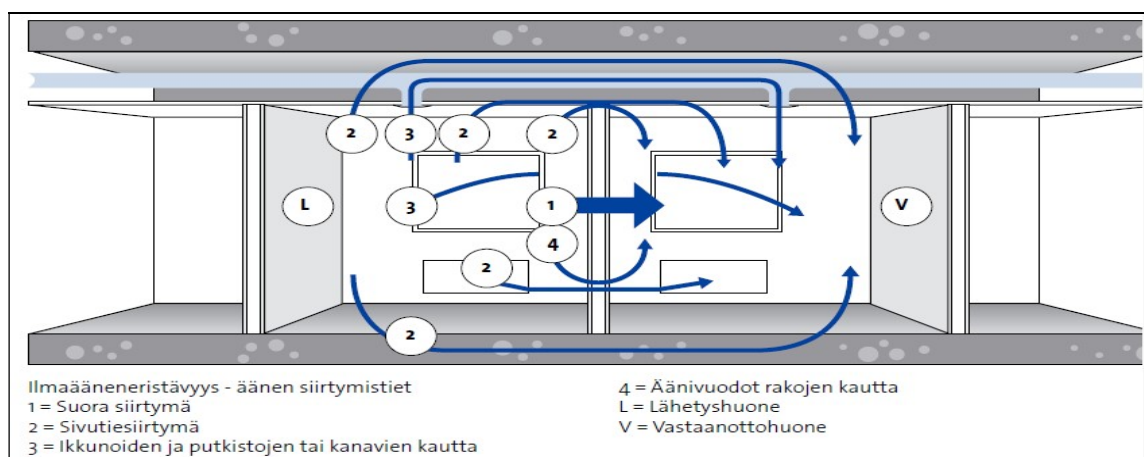
Normaali keskusteluääni on voimakkuudeltaan tyypillisesti noin 65 dB:n suuruusluokkaa, voimakas keskusteluääni puolestaan on noin 75 dB:n suuruusluokkaa ja huutoääni noin 85 dB:n suuruusluokkaa. Puheen erotettavuutta ja

siihen liittyvää puheen ymmärrettävyyttä arvioidaan puheensiirtoindeksin STI (Speech Transmission Index) avulla. STI-indeksillä määritetään puheen äänitason erotus tilan taustäänitasoon nähden. Indeksien lukuarvo on välillä 0,00 - 1,00 ja mitä suurempi luku on, sitä parempi on puheen erotettavuus. Luottamuksellista suullista tietoa käsittelevissä tiloissa puheensiirtoindeksin on oltava 0,00. STI-indeksi määritellään standardin IEC 20268-16 [30] mukaisesti. Jotta tilojen välinen STI-indeksi ja puheen ymmärrettävyys saadaan riittävän pieneksi, on tilojen taustamelutason oltava 20 dB tiloissa käytettävää keskusteluääntä korkeampi. [4, 55 - 56, 67, 59].

2.4 Sivutiesiirtymä

Sivutiesiirtymä tarkoittaa äänen liikkumista tilojen välillä muuten kuin suoraan tiloja erottavan rakenteen lävitse (kuva 1). Sivutiesiirtymällä voidaan tarkoitaa esimerkiksi ilmaäänien aiheuttamaa värähtelyä rakenteiden rajapinnoissa, joka aiheuttaa runkoääntä. [4, 106.]

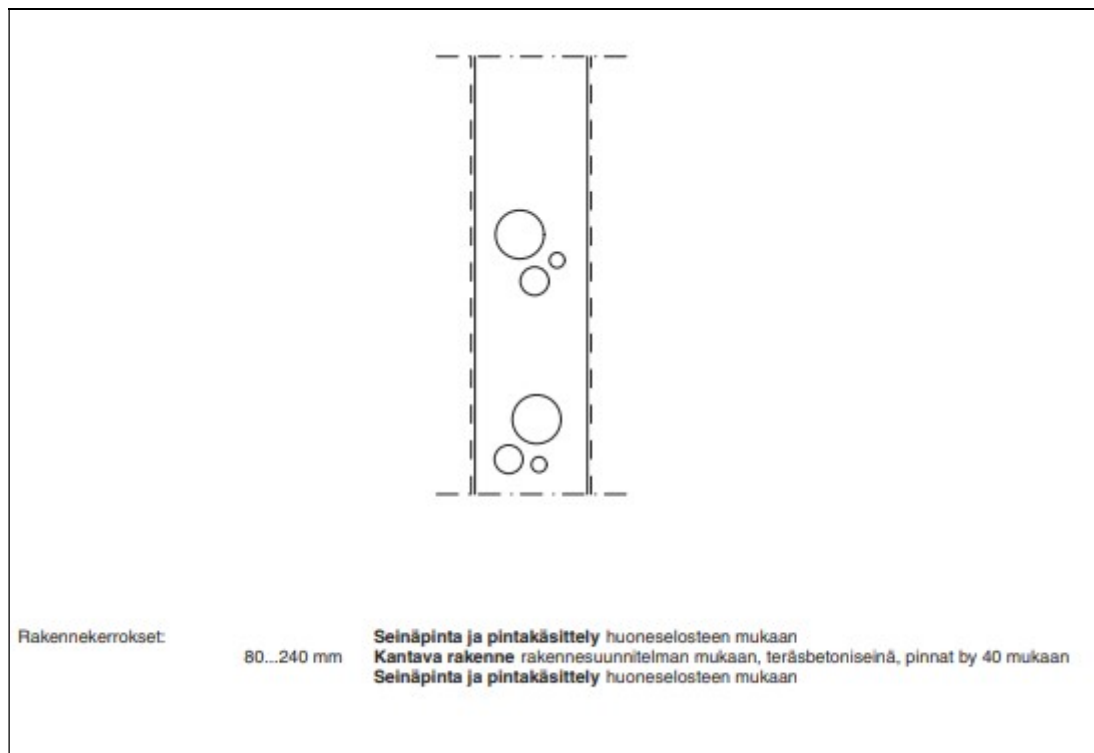
Runkoäänellä tarkoitetaan rakenteessa tai muussa kiinteässä kappaleessa etenevää mekaanista värähtelyä. Runkoääni voi edetä rakenteissa lukemattoman monia reittejä, mutta yleisimmin äänen kulkureittinä ovat rakenteiden liitoskohdat. Sivutiesiirtymät voivat heikentää rakenteen ääneneristävyyttä jopa 15 - 20 dB. [2,15; 4, 106.]



Kuva 1. Äänen kulkureittejä tilojen välillä [8, 18].

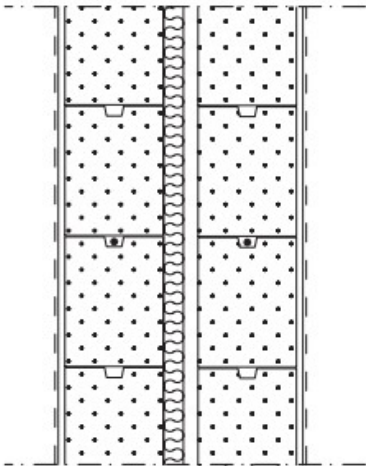
2.5 Ääntä eristävät seinärakenteet

Ilmaaäntä eristävät seinärakenteet ovat yleisimmin yksin- tai kaksinkertaisia. Yksinkertainen seinärakenne voi olla käytännössä mikä tahansa tasa-aineinen rakenne, kuten betoni-, tiili-, puu-, kipsi- tai umpisolumuovirakenne (kuva 2). Lisäksi tasa-aineisia levyjä, kuten lasi- tai teräslevyjä voidaan käyttää yksinkertaisena seinärakenteena. Myös useammasta kerroksesta koostuvat rakenteet voidaan lukea yksinkertaisiksi, mikäli eri rakennekerrokset ovat lähestulkoon yhtä kovia. [2, 9 - 10.]



Kuva 2. Esimerkki yksinkertaisen seinärakenteen rakennetyypikuvasta [9, 4]. Rakennetyypikuvassa on leikkauskuva suunnitellusta rakenteesta, jossa näkyy koko rakenteen koostumus ja siinä käytetyt materiaalit pinnasta pintaan.

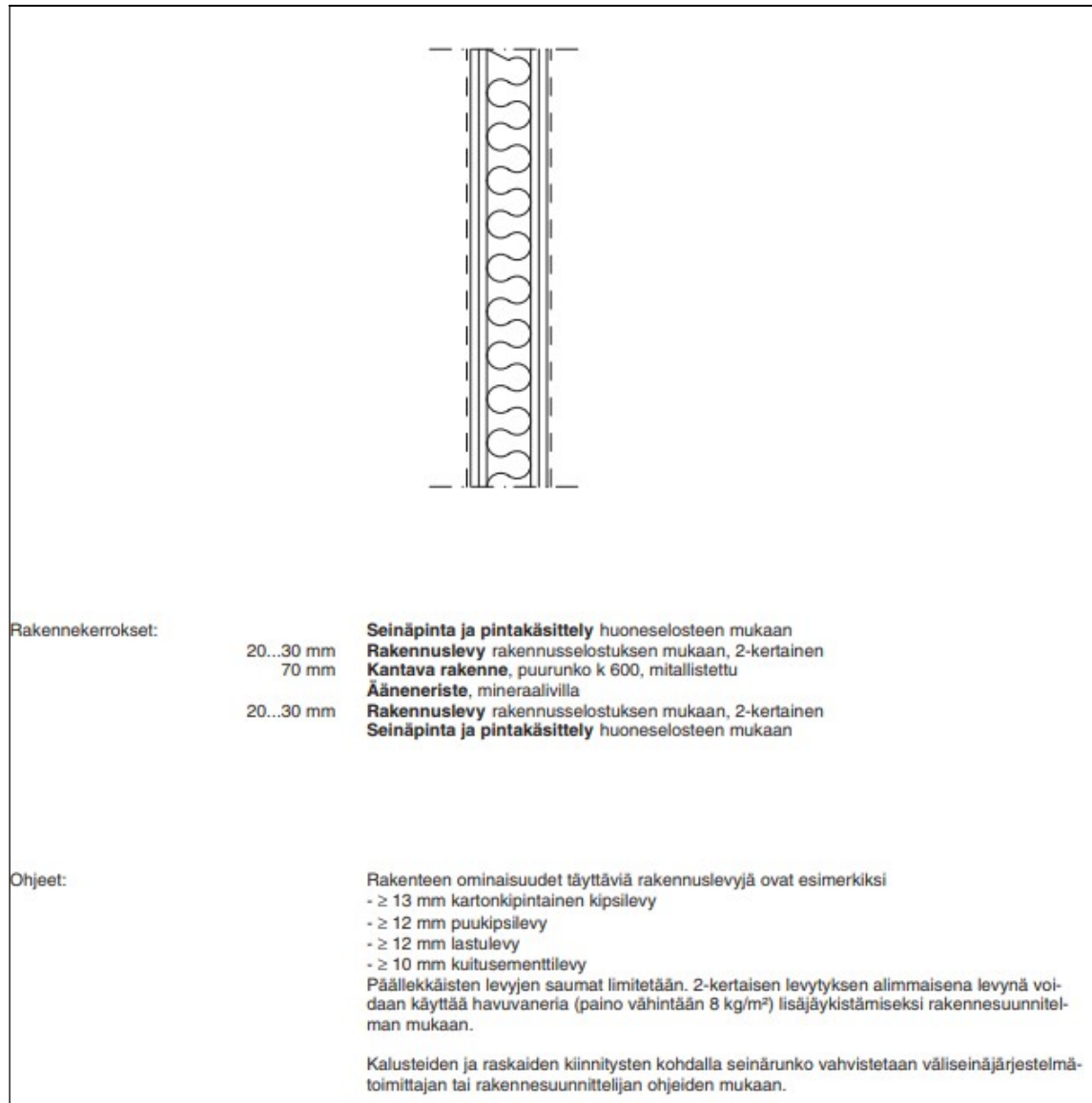
Kaksinkertainen rakenne puolestaan muodostuu kahdesta tiiviistä toisistaan erillään olevasta rakenteesta, joiden väliseen tilaan voidaan tarvittaessa sijoittaa ääntä absorboivaa materiaalia ääneneristävyyden parantamiseksi (kuva 3). Absorboiva materiaali ei saa kuitenkaan yhdistää erillään olevia rakenteita vaan rakenteiden väliin on absorboivan materiaalin lisäksi jätävä ilmatila. [2, 11; 10, 284.]

			
		<p>Rakennekerrokset:</p> <p>150 mm Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan</p> <p>Tasoitus rakennusselostuksen mukaan</p> <p>Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, karkaistu kevytbetoniharkko, muuraus ohutsaumalaastilla</p> <p>≥ 50 mm Ilmaväli</p> <p>Ääneneriste, vähintään 30 mm mineraalivilla</p> <p>150 mm Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, karkaistu kevytbetoniharkko, muuraus ohutsaumalaastilla</p> <p>Tasoitus rakennusselostuksen mukaan</p> <p>Seinäpinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan</p>	
Ohjeet:		<p>Ääneneristävyysarvo täyttyy, kun harkkojen tiheys on vähintään 500 kg/m³.</p> <p>Harkkomuurien välillä ei saa olla äänisiltoina toimivia tartuntaosia, tms.</p> <p>Kantava seinä voidaan tehdä myös pystysuuntaisista seinäelementeistä. Kevyet kaksinkertaiset seinät voidaan tehdä kevytbetonilaatoista tai pystysuuntaisista väliseinäelementeistä, ks. VS 509. Seinien mitoitus ja ominaisuudet elementtivalmistajan ohjeiden mukaan.</p>	

Kuva 3. Esimerkki kaksinkertaisesta seinärakenteesta [9, 17].

Rakenteen ääneneristävyysominaisuuksiin voidaan vaikuttaa myös kaksinkertaisella levytyksellä (kuva 4). Kaksinkertaisessa levytyksessä toinen rakennuslevy voi olla esimerkiksi ohuempi 8 mm:n paksuinen puukuitulevy, joka eristää paremmin korkeita ääniä kuin perinteinen 13 mm:n paksuinen kipsilevy. Tällöin rakenteelle saadaan paremmat korkeita ääniä eristävät ominaisuudet. Jos halutaan lisätä pelkkää ilmaääneneristävyttä, voidaan levytyksessä keskittyä vain lisäämään rakenteen pintayksikön kokonaismassaa. Levytyksen toinen kerros voidaan korvata myös paneloinnilla saman lopputuloksen aikaansaamiseksi, jos panelointi on ominaisuuksiltaan käyttötarkoitukseen sopiva. [2, 17.]

Oikein toteutettuna kaksinkertaisella levytyksellä saadaan tiivis ja hyvin ääntä eristävä rakenne. Levyjen saumat on limitettävä ja levyjä ei saa liimata toisiinsa, ellei tätä ole rakennesuunnittelussa erikseen huomioitu. [2, 17; 10, 284.]



Kuva 4. Esimerkki kaksinkertaisesti levytetystä väliseinärakenteesta [9, 25].

Ääntä eristävien rakenteiden on jatkuttava muuttumattomina rajoittaviin rakenteisiin asti. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi ääntä eristävän väliseinän on jatkuttava lattiasta kantavaan väli- tai yläpohjaan, vaikka välissä olisi laskettu alakattorakenne. Lisäksi rakenteiden liitos on tehtävä vaatimukset täyttävällä tavalla. [10, 284; 12, 165.]

2.6 Rakenteiden tiiviys

2.6.1 Rakojen vaikutus rakenteen tiiviyteen

Tiiviys on merkittävä tekijä rakenteen hyvän ilmaääneneristävyyden aikaansaamisessa. Rakenteiden raot on tiivistettävä oikeaoppisesti, muutoin koko rakenteen ilmaääneneristävyys kärsii. Tiivistämättömän raon ilmaääneneristävyys on yleensä 0 dB. Taulukossa 3 on esimerkki koko seinän korkuisen raon vaikutuksesta 4 metriä korkean ja 2,5 metriä leveän seinän ilmaääneneristävyyteen, kun seinän R_w on 60 dB. Pienelläkin tiivistämättömällä raolla on suuri vaikutus koko rakenteen ilmaääneneristävyyteen ja raon suureudessa on tiivistyksen ääneneristävyyttä parannettava. [2, 14.]

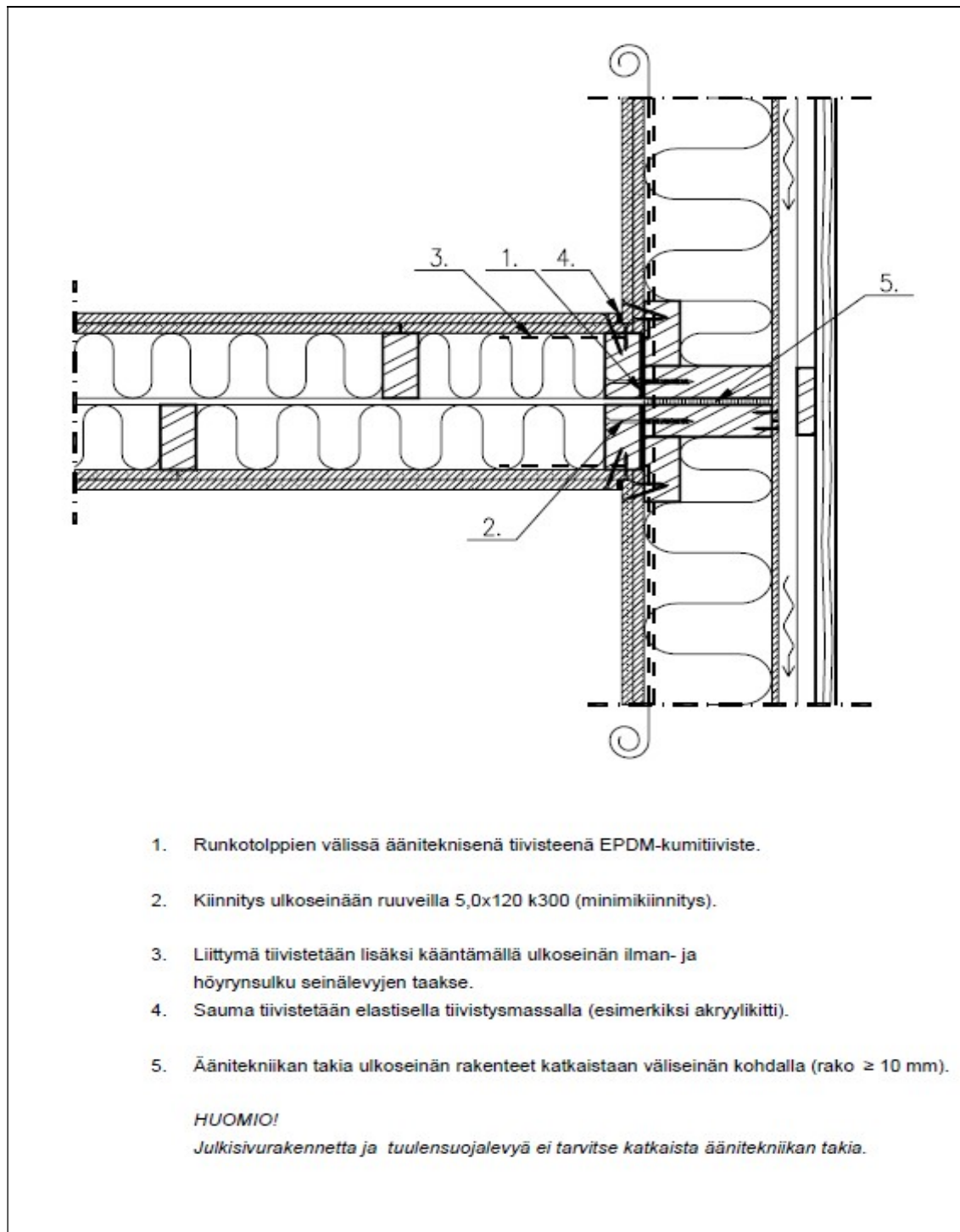
Taulukko 3. Seinän korkuisen raon vaikutus rakenteen ilmaääneneristävyyteen [2, 14].

Raon leveys	Seinän ilmaääneneristävyys raon ilmaääneneristävyyden ollessa		
	0 dB	10 dB	20 dB
mm			
400	10	20	30
40	20	30	40
4	30	40	49,5
0,4	40	49,5	57
0,04	49,5	57	59,5
0,004	57	59,5	60
0,0004	59,5	60	60
0,00004	60	60	60

2.6.2 Liitoskohtien rakennesaumaus

Rakenteiden liitoskohdissa on rakojen tiivistämisen lisäksi huomioitava sivutieliiritymäreitien katkaisu esimerkiksi ääniteknisellä rakennesaumalla. Äänitek-nisen rakennusauman tulee olla joustava ja sen tulee erottaa liittyvät rakenteet

toisistaan koko matkalta siten, ettei mikään rakenteiden kova rakennusaine pääse kosketuksiin keskenään (kuva 5). Samalla rakennesauma toimii myös hyvänä tärinän ja runkoäänen eristäjänä. Mahdollisuuksien mukaan rakenteiden liitoskohtaan tulisi jättää saumausta varten riittävän leveä ilmarako. Tarvittaessa rako voidaan kuitenkin tilkitä joustavalla väliaineella, kuten mineraalivillalla joka saumataan elastisella massalla rakenteen molemmiin puolin. [2, 174; 7, 25.]



Kuva 5. Kaksoisrunkoseinän ja ulkoseinän välinen äänitekniinen liitos [11, 79].

2.6.3 Rakenteiden läpiviennit

Rakenteen tiiviyyteen vaikuttavat myös rakenteeseen tehtyt läpiviennit. Läpiviennillä tarkoitetaan kaikkia tarkasteltavan rakenteen lävitse meneviä rakenneosia. Yleisimmät läpiviennit ovat LVIS-tekniisiä läpivientejä, kuten sähkökouruja ja lämpölinjoja. Läpiviennit tulee tiivistää suunnitelma-asiakirjoissa määrätyllä tavalla. Yleisin tapa tiivistykselle on läpiviennin mineraalivillatilkintä ja rakenteen molemmin puolinen elastinen tiivistysmassatäyttö. Rakenteisiin tehtävien LVIS-tekniisten upotusten, kuten kojerasioiden kohdat tiivistetään ja tarvittaessa vahvistetaan ääneneristävyysvaatimusten täyttämiseksi. [2, 232 - 234; 10, 285; 7, 26.]

Lisäksi rakenteiden lävitse menevät sähkökourut on tilkittävä ääntä eristävällä materiaalilla 200-300 mm matkalta rakenteen molemmin puolin. Kojerasioita ei saa sijoittaa seinärakenteessa kohdakkain molemmilla puolilla, ellei kojerasioita vahvisteta esimerkiksi kipsilevykoteloinnilla. Muussa tapauksessa rasiat tulee sijoittaa 500 mm etäisyydelle toisistaan ja rasioiden väli tulee täyttää joustavalla väliaineella. [2, 250; 12, 164.]

2.6.4 Oven tiivistäminen

Seinärakenne, jolta vaaditaan hyvää ilmaääneneristävyyttä, vaatii oven, jolla on hyvä ilmaääneneristävyys. Ovi voi olla joko yksinkertainen tai kaksinkertainen. Yksinkertainen ovi voi olla yksinkertaisen rakenteen tapainen, jolloin oven ääneneristävyys riippuu pitkälti oven pintayksikön massasta. Ovi voi myös olla kaksinkertaisen rakenteen tapainen, jolloin oven pintojen välissä oleva välitila vaikuttaa myös ääneneristävyyteen. Yhdistelmäovi on kahden eri ovilevyn yhdistelmä, kuten kerrostaloasunnoissa usein nähtävä ulko-oven ja välioven yhdistelmä. Näiden ovien väliin jäävä ilmatila toimii ääntä eristävänä ilmajousena kaksinkertaisen rakenteen tapaan. [2, 128; 7,35.]

Koska ovikarmi on aina asennusaukkoaan pienempi ja ovilevy on aina karmi-aukkoa pienempi, on oven ääneneristävyydelle erityisen tärkeitä näiden rakenteiden väliin jäävien aukkojen tiiveys.

Mikäli seinärakenteen ilmaääneneristävyyden vähimmäisarvoksi on asetettu 40 dB tai enemmän, tulee ovikarmin ja seinän välinen rako täyttää mineraalivillalla tai vastaavalla joustavalla väliaineella ja saumata karmin molemmin puolin elastisella sauma-aineella. Myös kynnyksen alusta ja reunat tulee saumata tiiviisti. Muussa tapauksessa pelkkä karmin ja seinän välisen raon mineraalivillatäyttö riittää. Oven ja karmin väliin jäävä aukko voi olla, jopa 2 % ovilevyä suurempi ja mikäli ovien asennuksessa on puutteita tai itse ovilevyssä kieroutta voi aukko olla jopa 5 % ovilevyä suurempi. [2, 129 - 130.]

Oven on tiivistyksestä huolimatta oltava helposti suljettavissa ja avattavissa. Tämä tarkoittaa sitä, etteivät ovesta käytettävät tiivisteet saa olla puristuslujuudeltaan liian suuria. Tiivisteiden tulee sulkea kaikki raot kauttaaltaan ja tiivisteellä on itsellään oltava käyttötarkoitukseen riittävä ääneneristävyys. Oven tiivistäminen on kuitenkin erittäin haastavaa ja koska kaksinkertaisen ovirakenteen tiivisteelle asetetut vaatimukset ovat pienemmät, on kaksinkertainen ovi yleensä parempi ja halvempi ratkaisu oven ääneneristävyyttä ajatellen. [2, 129; 7, 35.]

3 Ääneneristyksen laadunvarmistus rakennushankkeessa

”Laadunvarmistus sisältää kaikki ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeen riittävän varmuuden saamiseksi siitä, että rakennus täyttää sille asetetut laatuvaatimukset.” [13, 1].

Laadunvarmistus prosessina koostuu monesta eri osasta ja sillä on useita tavoitteita. Se pitää sisällään erinäiset laaduntarkastukseen ja laadunvalvontaan liittyvät toimenpiteet. Yhtenä laadunvarmistuksen tavoitteena voidaan pitää hankkeelle asetettujen laatuvaatimusten ja muun relevantin informaation välittämistä hankkeeseen liittyvien osapuolien välillä. Lisäksi informaatioon, sen vä-

littämiseen ja ymmärtämiseen liittyvien ongelmien ja virheiden eliminointi on yksi laadunvarmistuksen tavoite. Oikein toteutetussa laadunvarmistuksen prosessissa eri osapuolten vastuut ja velvollisuudet eritellään selkeästi ja kaikki relevantti tieto dokumentoidaan. [13,1.]

Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että rakennuksen suunnittelevat ja toteuttavat pätevät henkilöt siten, että rakentamista koskevia määräyksiä ja säännöksiä noudatetaan. Rakentamisen laadunvarmistuksen prosessi alkaa jo hankkeen suunnitteluvaiheessa ja jatkuu koko hankkeen elinkaaren ajan, olisitten kyseessä uudisrakennus- tai korjausrakennushanke. [3, 3.]

Tämä pätee myös hankkeen äänitekniiseen suunnitteluun ja siihen liittyvään laadunvarmistukseen. Uudisrakennushankkeen suunnitteluvaihe on usein kokonaisuudeltaan korjausrakennushanketta laajempi, mutta kuitenkin sisällöltään ja vaiheiltaan samankaltainen.

3.1 Ääneneristyksen laadunvarmistus suunnitteluvaiheessa

3.1.1 Tarveselvitys

Hankkeen suunnittelu käynnistyy tarveselvitysvaiheella. Tarveselvitysvaiheessa selvitetään hankkeen lähtötietojen riittävyys, kuten tarvittavien tilojen alustava kuvaus ja niille asetettavat vaatimukset. [14, 2.]

Mikäli hanke on luonteeltaan ja laajuudeltaan ääniteknisesti haastava, voidaan hankkeessa hyödyntää akustiikkasuunnittelijaa jo tarveselvitysvaiheessa. Akustiikkasuunnittelun edellytyksenä kuitenkin tässä vaiheessa on, että hankkeelle on jo asetettu toiminnallisia tavoitteita. Toiminnallisia tavoitteita voivat olla esimerkiksi tiloille määriteltävät käyttötarkoitukset tai tavoitellut ääniolosuhteet. [4, 25.]

3.1.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheen tarkoituksena on luoda hankkeelle täsmällisempi hankesuunnitelma, jossa määritellään tarkkaan hankkeen laajuuteen, laatuun, aikatauluun ja kustannuksiin liittyviä asioita. Hankesuunnitelmassa tulee olla jo määriteltynä alustavat suositukset tilojen sijoitteluista ja rakenteista, sekä ääneneristävyydelle ja äänitasolle asetetuista vaatimuksista. [14, 3.]

Hankkeen vaativuudesta riippuen tilojen akustiikka on huomioitava jo tässä vaiheessa. Rakennuttaja yhdessä pääsuunnittelijan kanssa harkitsee akustiikkasuunnittelijan hankkeeseen kiinnittämisen tarvetta. Jos hankkeeseen ei nimetä erillistä akustiikkasuunnittelijaa, arkkitehti laatii hankesuunnittelun tuloksena suunnitteluohjeen hankkeen suunnittelijoille. Suunnitteluohjeessa on määritellyt määräykset ja ohjeistukset, joita kaikkien suunnittelijoiden tulee noudattaa hankkeen suunnittelussa. [4, 27.]

Tässä vaiheessa pääsuunnittelija ja arkkitehti muodostavat hankkeelle myös rakennusohjelman ja tilaohjelman. Näissä määritellään hankkeen tilat, niiden käyttötarkoitus ja ääneneristykselliset kriteerit. Lisäksi tarkastellaan tilojen sijoittelua, niiden ääniteknistä yhteensopivuutta ja täsmennetään erityistä akustista suunnittelua vaativia tiloja. [4, 27.]

3.1.3 Luonnossuunnittelu

Luonnossuunnitteluvaiheen tarkoituksena on laatia hankkeelle vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja asetettujen akustisten ja ääniteknisten tavoitteiden aikaansaamiseksi. Tässä vaiheessa rakenteille asetettujen tavoitteiden tulee olla määriteltynä jo teknisin luvuin, kuten esimerkiksi ilmaääneneristysluvuin. [4, 29; 14, 4.]

Tavoitteet voivat perustua määräyksiin tai tiloille asetetun toiminnan vaatimuksiin. Asetettujen tavoitteiden pohjalta suunnitellaan tilojen lopulliset äänitekniset ja huoneakustiset ratkaisut sekä käytettävät rakennetyypit. Näistä muodostuu kohteelle yleissuunnitelma. [4, 29; 14, 5.]

3.1.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheen tarkoituksena on tarkentaa yleissuunnitelmaa rakennus- ja hankintatoimen mahdollistamiseksi. Vaiheessa päätetään hankkeen lopulliset mitoitus, käytettävät materiaalit. Lisäksi suunnitellaan ääni-, rakenne- ja talotekniset detaljit, sekä tarvittavat meluntorjunta- ja värinäneneristysratkaisut. [14, 6 - 8.]

Rakenteista suoritetaan tarvittavat ääneneristyslaskelmat ja tarkastetaan suunnitelmien ristiriidattomuus ääniteknikan osalta. Akustisen suunnittelijan olisi kannattavaa tehdä urakka-asiakirjoihin tekninen raportti, jossa käydään hankkeeseen liittyvät akustiset vaatimukset, rakennetyypit, noudatettavat määräykset ja ohjeet, sekä liitos- ja tiivistysmenetelmät. Vaativammissa hankkeissa tehdään akustinen työselitys, jossa kaikki edellä mainitut asiat esitetään yksityiskohtaisesti. [4, 32 - 33; 14, 8 - 9.]

Standardissa SFS 5907 on määritelty akustiikan toteutumisen valvontaan liittyvät mittaustoimenpiteet. Pääsuunnittelija yhdessä rakennuttajan ja akustisen suunnittelijan kanssa määrittää mittausten tarpeellisuuden ja laajuuden. [4, 31.]

3.2 Ääneneristyksen laadunvarmistus tuotantovaiheessa

Hankkeen ääneneristyksen laadunvarmistusta ohjaa tuotantovaiheessa niin ääneneristykselle asetetut määräykset ja vaatimukset, kuin niiden pohjalta hankkeelle tehty suunnitelmat ja asetetut laadulliset tavoitteet.

Laatusuunnitelma ja akustinen tai äänitekkinen työselostus antaa työmaalle ja suunnittelijoille hankekohtaiset ohjeet detaljeineen siitä, kuinka ääneneristys tulee toteuttaa, minkälaisia materiaaleja työmaalla tulee käyttää ja millä työmenetelmillä ääneneristyksen toteutus tapahtuu.

3.2.1 Työvaiheen valmistelu

Ääneneristyksen laadunvarmistus työmaalla alkaa työvaihetta edeltävällä tehtäväsuunnittelulla ja tarvittaessa siihen liittyvällä tehtäväsuunnittelupalaverilla. Tehtäväsuunnitelmassa rajataan suoritettavan tehtävän sisältö ja käydään läpi siihen liittyvät laadulliset tavoitteet, laadunvarmistuskeinot, riskit, kustannukset, työturvallisuusasiat, työn laadullisen suorittamisen edellytysten varmistustavat koko työvaiheen ajan, tehtävän valvontaan ja ohjaukseen liittyvät asiat, palaveri- ja kokouskäytännöt, mallityön kohde, sekä tehtävän aikataulu. Tehtäväsuunnittelupalaverissa työmaan työnjohto pystyy yhdessä työn toteuttajien kanssa suorittamaan työvaiheen tehtäväsuunnittelua ja näin kumpikin osapuoli pääsee vaikuttamaan työvaiheeseen liittyviin asioihin heti alkuvaiheessa. [15, 5; 17, 36 - 37.]

Tehtäväsuunnittelun jälkeen pidetään varsinainen työvaiheen aloituspalaveri, jossa käydään läpi työn toteuttajien kanssa erinäiset toteutusta koskevat asiat. Näitä asioita ovat muun muassa toteutukseen liittyvät laatusuunnitelmat, määräykset, ohjeet, vaatimukset, asennussuunnitelmat, työmenetelmät, työturvallisuusasiat, vastuuhenkilöt, työnaikaisen suojauksen järjestäminen, työn aikataulu ja mahdolliset työnaikaiset tarkastukset. Työvaiheeseen liittyvien materiaalien, tarvikkeiden ja työvälineiden tulee olla tyyppihyväksyttyjä ja täyttää niille asetetut vaatimukset. Käytettävät materiaalit on varastoitava ja suojattava ennen käyttöä valmistajan ohjeiden mukaisesti. [15, 8; 17, 16.]

Kun toteutukseen liittyvät asiat on käyty läpi, suoritetaan työmaalla työkohteen vastaanottotarkastus. Tarkastuksessa varmistetaan edellytykset työkohteen laatusuunnitelmien mukaiselle toteutukselle, jonka jälkeen työn toteuttaja ottaa työkohteen vastaan. [17, 16.]

Työvaiheen aloitusta edeltävänä laadunvarmistuksen keinona voidaan hyödyntää laadunhallinnan toteutusmatriisia (kuva 6). Laadunhallinnan toteutusmatriisissa käydään läpi kaikki tärkeimmät työvaihetta edeltävät toimenpiteet ja niiden suoritus. [18, 5.]

tulee olla tehtynä,	1 jos laatusuunnitelma edellyttää	2 aina	3 aina	4 jos tehtävä alkanut	5 jos tehtävä alkanut	6 jos tehtävä käynnissä
KÄYNNISSÄ OLEVAT TAI ALKAVAT TEHTÄVÄT	Tehtävä- suunnitelma tehty	Tehtävä aikataulutettu	Tehtävään valmistau- tuminen (tuotanto- suunnitelma tai aloituspalaveri)	Mallityö tehty ja hyväksytty	Mestari tarkistukset tehty	Työkohde- tarkastus tehty

Kuva 6. Laadunhallinnan toteutusmatriisi [18, 5].

3.2.2 Työvaiheen aloitus

Yksi laadunvarmistuksen tärkeimmistä menetelmistä on mallityön tekeminen. Mallityö tulee tehdä samoilla materiaaleilla, tarvikkeilla ja välineillä ja sen tekijöiden tulee olla samat kuin varsinaisessa työssä. Valmiille mallityölle suoritetaan laatusuunnitelman mukaiset tarkistukset ja tarkistetaan myös työmenetelmien ja työssä käytettävien materiaalien sopivuus työkohteeseen. [17, 16.]

Mallityö tarkastutetaan ja hyväksytetään rakennuttajalla, suunnittelijoilla ja urakoitsijalla. Mikäli mallityössä ilmenee korjaus- tai muutostarpeita, tulee nekin suorittaa ja tarkastaa hyväksytysti ennen varsinaisen työn aloittamista. Aloituspalaveri ja kaikki laadunvarmistukseen liittyvät asiat, toimenpiteet, sekä mallityöt dokumentoidaan ja lisätään työmaa-asiakirjoihin. [15, 11; 17, 16.]

3.2.3 Työvaiheen aikana suoritettavat tehtävät

Ilmaääneneristyksen ja sivutiesiirtymien suurimpina ongelmakohtina ovat usein rakenteiden liitokset ja rakenteen tiiviys. Siksi työvaiheen aikana on tärkeää suorittaa laatusuunnitelmassa määritettyjä laadunvalvontakokeita, joissa tarkastellaan esimerkiksi rakenteen tiiviyttä, kiinnityksiä, kerrospaksuuksia, liittymäkohtien toteutusta ja rakojen oikeaoppista saumausta. Työn laadun on oltava verrannollista aiemmin tehtyyn ja hyväksyttyyn mallityöhön. [2, 14; 18, 16 - 17.]

Työmaan työnjohdon tehtäviin kuuluu suoritettavan työn laatutason valvonta. Valmiiseen rakenteeseen voidaan laadullisten tavoitteiden täyttymisen varmistamiseksi suorittaa ilmaääneneristävyysmittaus SFS-EN ISO 16283-1 standardin mukaisesti. Näin saadaan selville rakenteen ilmaääneneristysluku R'_w (dB) ja se, täyttääkö rakenteen ilmaääneneristävyys sille suunnittelun asetetun minimiarvon. Pääurakoitsija informoi rakentamisen aikana akustista suunnittelijaa, jonka vastuulla on huolehtia eri työvaiheissa suoritettavista ääniteknisistä tarkastuksista [4, 33; 14, 9 - 10; 18, 17.]

Rakentamisvaiheessa tarkastellaan myös hankkeen toteutuksen suunnitelmien ja sopimusten mukaisuutta, jotta saadaan aikaiseksi tavoitteet täyttävä lopputulos. Pääurakoitsija ja tarvittaessa pääsuunnittelija, sekä akustinen suunnittelija perehdyttävät ääniteknisen työn toteuttajat työvaiheeseen. Tarvittaessa akustinen suunnittelija valvoo työmaan ääniteknistä toteutusta. [4, 33; 14, 9 - 10.]

Työn aikana tehtävät laadulliset tarkastukset suoritetaan laatusuunnitelmassa erikseen määrättyin menetelmin. Yhtenä keinona valvoa tehdyn työn laatua on käyttää työvaihekohtaista tarkastuslistaa. Tarkastuslistassa käydään läpi työvaiheen olennaisimpia työn laatuun liittyviä asioita. Taulukossa 4 on tämän työn kirjallisuustutkimuksen pohjalta tehty esimerkki seinärakenteen ilmaääneneristykseen liittyvästä tarkastuslistasta.

Taulukko 4. Esimerkki ilmaääntä eristävän seinärakenteen tarkastuslistasta.

Tarkastuslista, seinärakenteen ilmaääneneristys		
Suunnitelmat		
	Kyllä	Ei
Ääneneristykseen liittyvien suunnitelmien toteutuskelpoisuus on tarkastettu		
Suunnitelmista löytyy toteutukseen tarvittavat detaljit		
Työntekijät on perehdytetty suunnitelmiin		
Muuta:		
Rakenteet		
Käytetyt materiaalit ja työkalut ovat työhön soveltuvia		
Materiaalit on varastoitu valmistajan ohjeiden mukaisesti		
Rakenteiden liitokset (seinät, lattia, katto) on toteutettu suunnitelmanmukaisesti		
Rakenteiden läpiviennit on tehty oikein ja tiivistetty oikeaoppisesti		
Rakenteissa olevien teknisten upotuksen etäisyydet ovat min. 500mm toisistaan ja väli villoitettu		
Rakenteiden tekniset upotukset on koteloitu tai vahvistettu muulla soveltuvalla tavalla		
Muuta:		
Ovet		
Karmin ja seinärakenteen välinen rako on villoitettu ja saumattu tarvittaessa ($R'w > 40$ dB)		
Karmi on asennettu suoraan ja ristimitta on valmistajan ohjeiden mukaisessa toleranssissa		
Ovilevy on suora		
Tiivisteet ovat kauttaaltaan ehjät ja käyttötarkoituksen sopivat		
Huulletuissa ovissa tiiviste karmissa ja oven huuloksessa		
Kynnys on asennettu oikein ja tarvittaessa tiivistetty/saumattu		
Muuta:		
Mittaukset ja tarkastukset		
Rakenteeseen on suoritettu laatusuunnitelmassa määrätyt mittaukset ja tarkastukset		
Muuta:		

Rakentamisen aikana kerätään käytettävien laitteiden ja materiaalien tuotetiedot ja käyttöohjeet, sekä tarkastetaan tuoteosien äänitekniisten ominaisuuksien suunnitelmanmukaisuus. Käyttöohjeet koostetaan rakennuksen huoltokirjaan käyttö- ja ylläpitotoimia varten. [4, 33; 14, 10.]

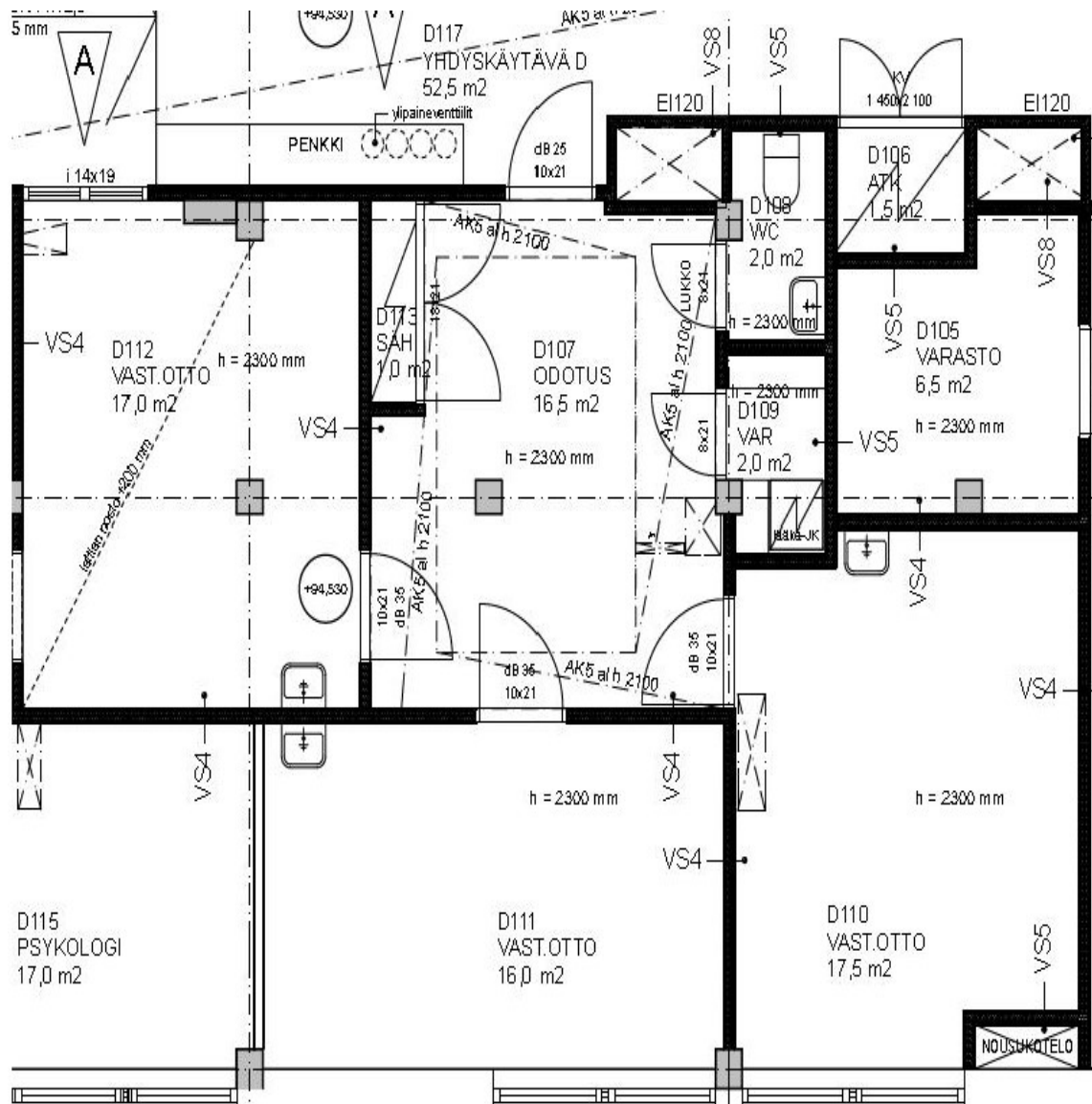
3.2.4 Työvaiheen lopetus

Ennen kuin työ luovutetaan rakennuttajalle, suoritetaan työkohteeseen itselle luovutus, jossa työ tarkastetaan laatu- tai luovutussuunnitelman mukaisen tarkistuslistan avulla. Mahdollisista puutteista tai virheistä on ilmoitettava ja ne on korjattava ennen kohteen luovutusta rakennuttajalle. Työhön liittyvät huolto- ja käyttöohjeasiakirjat luovutetaan rakennuttajalle huoltokirjaan liittämistä varten. [13, 4; 18, 17.]

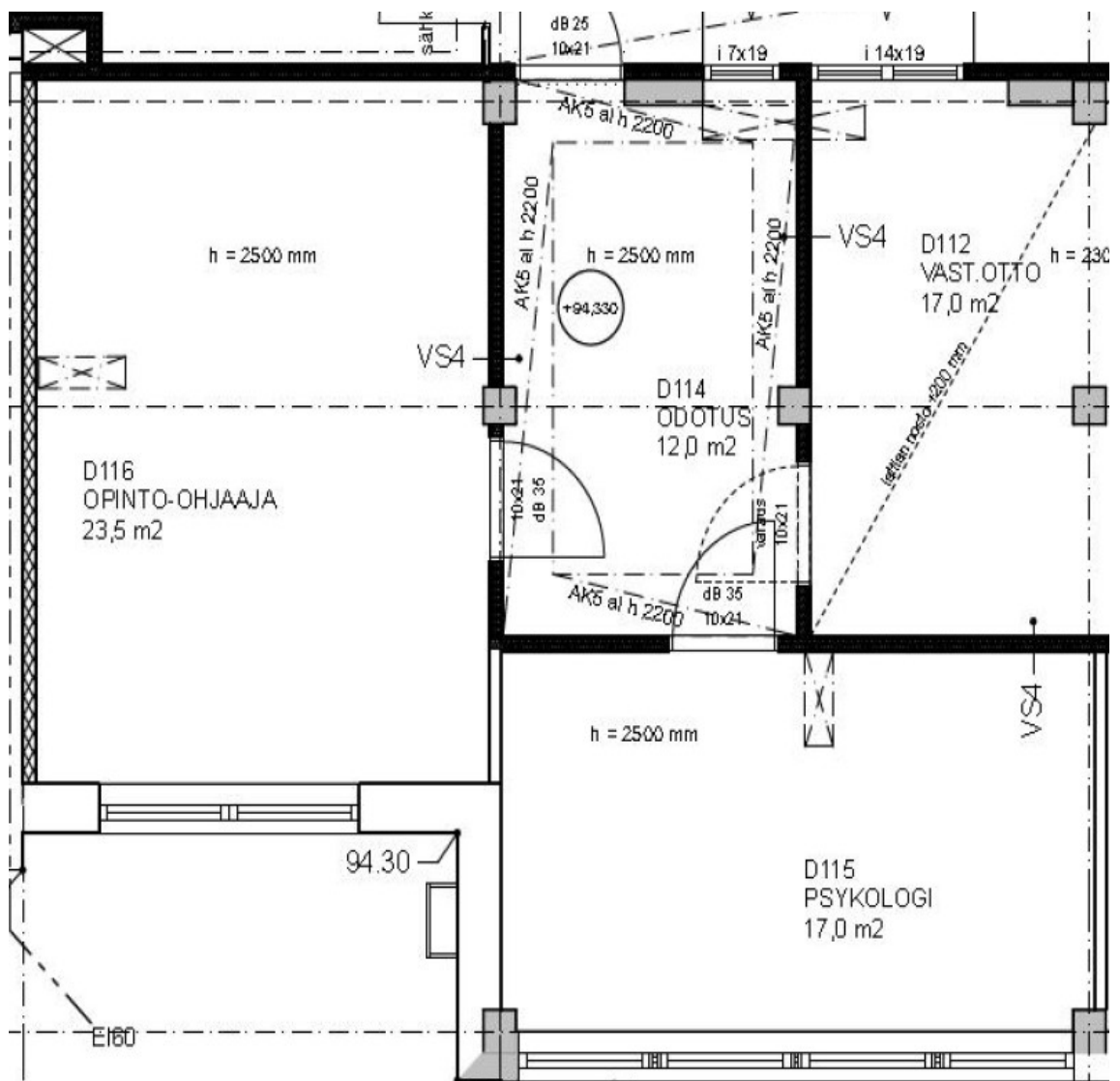
Työkohteen valmistuttua suoritetaan kohteeseen loppukatselmus. Loppukatselmuksessa käydään läpi kohteeseen tehdyssä laatusuunnitelmassa määritelty suoritettavat tarkastukset ja mittaukset, kuten ilmaääneneristysmittaukset, askeläänitasomittaukset, sekä muut vastaavat äänitekniset mittaukset lopputuloksen laadun varmistamiseksi. Näin voidaan varmistua kohteen ääniteknisestä suunnitelmanmukaisuudesta. [13, 4; 14, 9 - 10.]

4 Tikkarinne

Tikkarinteen kampus koostuu neljästä osasta, joihin on suoritettu peruskorjaus vuosien 2010 - 2015 välisenä aikana. Tikkarinteen kampuksen D-talon ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat terveydenhoitajien ja oppilaitospapin vastaanottotilat D110, D111, D112 ja näihin liittyvä odotustila D107 (kuva 7) sekä psykologin ja opinto-ohjaajan tilat D115 ja D116 sekä näihin liittyvä odotustila D114 (kuva 8). Näiden tilojen käyttäjät ovat kokeneet tilojen ääneneristävyyden riittämättömäksi.



Kuva 7. Pohjakuva tiloista D107 ja D110-D112 (ei mittakaavassa).

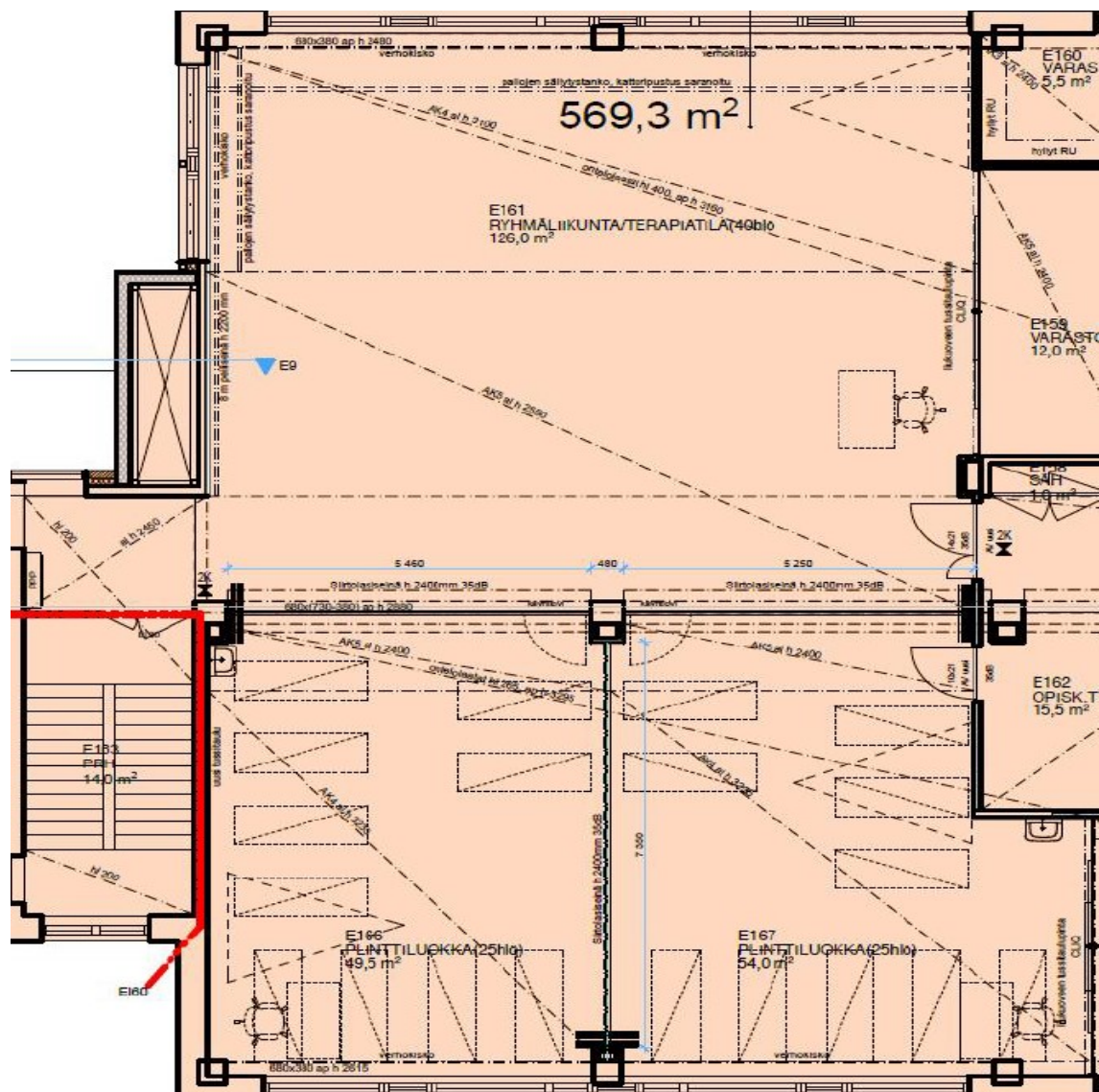


Kuva 8. Pohjakuva tiloista D114-D116 (ei mittakaavassa).

D-talon työskentelytilojen käyttäjät kokivat erityisesti oman työhuoneensa ja siihen liittyvän odotustilan välisen ääneneristävyyden riittämättömäksi. Käyttäjien mukaan myös työhuoneiden D110-D112 välillä ääneneristävyydessä olisi parantamisen varaa, vaikka ääneneristävyys onkin parempi kuin työhuoneen ja odotushuoneen välillä. Käyttäjien mielestä sama koskee myös tiloja D115 ja D116.

D-talon odotustilojen ja työhuoneiden välisenä rakenteena on puu- tai peltirankainen kevytväliseinä, jonka tarkkaa rakennetyyppikuvaa ei ollut saatavilla tätä opinnäytetyötä tehdessä. Työhuoneiden ovet ovat Korsu Ovet Oy:n valmistamia 35 dB:n ääneneristysovia. Korsu ääneneristysoven R_w on valmistajan mukaan

42 dB ja R'_w on 35 dB. D-talon tilojen lisäksi Tikkarinteen E-talon alakerrassa sijaitsevan sisäliikuntasalin E161 ja sen viereisten luokkatilojen E166 ja E167 (kuva 9) käyttäjät ovat kokeneet tilojen välisen ilmajääneneristävyyden puutteelliseksi, jonka vuoksi sisäliikuntasalin käytön aikana opiskelu luokahuoneissa häiriintyy. Luokkatilat sisäliikuntasalista erottavana rakenteena on taittuva siirtolasiseinä. Siirtolasiseinän valmistaja ei ole tiedossa, mutta tilojen rakennesuunnitelmien mukaan siirtolasiseinän ääneneristävyyden vähimmäisarvoksi on annettu 35 dB.



Kuva 9. Pohjakuva tiloista E161, E166 ja E167 (ei mittakaavassa).

4.1 Suoritetut mittaukset

4.1.1 Työskentelytiloissa suoritetut mittaukset

D-talon tiloissa oli suoritettu rakenteiden ilmajääneristävyyssmittauksia ensimmäisen kerran lokakuussa 2016 (liite 1). Näiden mittausten tarkoituksena oli ollut selvittää työskentelytilat odotushuoneesta erottavien väliseinien ja väliovien ilmajääneristävyys. Mittauksissa ei ollut huomioitu rakenteissa mahdollisesti tapahtuvaa sivutiesiirtymää. Mittaustulokset on eritelty taulukossa 5. Mittauksia tehdessä oli tilojen väliovissa huomattu välystä ovilevyn ja karmin välillä. Välyksen vaikutus mittaustulokseen oli ollut 3...4 dB verran.

Taulukko 5. Työhuoneiden ja odotushuoneiden väliset lokakuussa 2016 mitatut ilmajääneristysluvut (liite 1).

Tila	Odotushuone	R' <i>w</i> dB
D110	D107	19
D111	D107	26
D112	D107	22
D115	D114	22
D116	D114	25

Mittauksen jälkeen tilojen välioviin oli suoritettu ääneneristävyyttä korjaavia toimenpiteitä. Tarkkaa tietoa suoritetuista toimenpiteistä ei ole. Kun korjaustoimenpiteet oli suoritettu, oli tiloihin tehty uusintamittaus kesäkuussa 2017 (liite 2).

Korjaustoimenpiteiden myötä tilojen välisten rakenteiden ilmajääneristävyydessä oli tapahtunut selkeää parannusta. Mittauksen aikana oli kuitenkin edelleen havaittu joissain väliovissa olleen välystä ovilevyn ja karmin välillä. Lisäksi osassa ovista oli ovilevyn kulmaliitosten tiivisteistä löytynyt rakoja. Korjaustoimenpiteiden jälkeiset mittaustulokset on eritelty taulukossa 6.

Taulukko 6. Korjaustoimenpiteiden jälkeiset työhuoneiden ja odotushuoneiden kesäkuussa 2017 mitatut ilmaääneneristysluvut (liite 2).

Tila	Odotushuone	R' <i>w</i> dB
D110	D107	29
D111	D107	34
D112	D107	32
D115	D114	35
D116	D114	37

Korjaustoimenpiteiden myötä ilmaääneneristävyys parani selkeästi työhuoneiden ja odotustilojen välillä. Taulukossa 7 on eritelty korjaustoimenpiteiden vaikutus tilojen väliseen ilmaääneneristävyyteen.

Taulukko 7. Korjaustoimenpiteiden jälkeinen parannus tilojen väliseen ilmaääneneristävyyteen.

Tila	Odotushuone	R' <i>w</i> dB
D110	D107	+10
D111	D107	+8
D112	D107	+10
D115	D114	+7
D116	D114	+12

Kummatkin tiloihin suoritettut ilmaääneneristyslukumittaukset on suoritettu ilmaääneneristysluvun mittaukseen liittyvän standardin SFS-EN ISO 16283-1 Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation (ISO 16283–1:2014) mukaisesti. Korjaustoimenpiteiden jälkeen tiloihin suoritettiin vielä erillinen ilmaääneneristävyyden kartoittava mittaus loka-joulukuussa 2017 (liite 3). Tässä mittauksessa tilojen ääntä eristävistä rakenteista on tehty kaksiulotteinen äänikartta, jossa ra-

kenteen läpäisevän äänenvoimakkuuden vaihtelu on esitetty värein. Mittauksessa on kuvattu rakenteiden läpiviennit, tekniset upotukset sekä oviaukot. Ilmaäänivuotomittaus suoritettiin Microflown Technologies:n Scan & Paint järjestelmällä. Mittauksessa rakenteen mitattavan rakenteen toiselle puolelle sijoitetaan kohinaääntä tuottava äänilähde. Tämän jälkeen mitattava rakenne käydään läpi tarkkuusmikrofonilla siten, että mikrofonin liikerata kuvataan videokameralla samalla kun mikrofoni kerää mittauslukemia. Tämän jälkeen järjestelmä yhdistää tarkkuusmikrofonin mittauslukemat mittauksen sijaintiin rakenteessa ja piirtää äänenvoimakkuuden eroista äänivärikartan.

4.1.2 Sisäliikuntasalissa suoritettut mittaukset

E-talon sisäliikuntasalin ja siihen liittyvien opetustilojen välisestä ääneneristävyydestä on suoritettu useita ilmaääneneristävyysmittauksia. Maaliskuussa 2016 tehdyssä mittausraportissa on eritelty eri mittauskerroilla saadut tulokset rakenteiden ilmaääneneristävyydestä (liite 4). Taulukossa 8 on eritelty eri ajankohtina tehtyjen mitausten tulokset.

Taulukko 8. Sisäliikuntasalin ja luokkatilojen välisen rakenteen ilmaääneneristävyys eri mittauskerroilla (liite 4).

Mittauksen ajankohta	R' <i>w</i> dB
9.7.2014	21
29.12.2014	23
8.3.2016	23

Myös sisäliikuntasalin siirtolasiseinään on suoritettu ilmaääneneristävyyden vuotokohtia kartoittava mittaus (liite 3).

4.2 Mittaustulosten tulkinta

Tiloihin suoritetuissa mittauksissa on mitattu koko rakenteen ilmaääneneristävyyttä ja rakenneosien ilmaääneneristävyyden vuotokohtia. Esimerkiksi yksittäisen oven ilmaääneneristyslukua ei ole mitattu, vain ovessa olevat mahdolliset ilmaääneneristävyyden vuotokohdat.

Kaksiulotteisissa äänikartoissa punaisempi värisävy tarkoittaa suurempaa äänivuotoa muuhun mitattuun alueeseen verrattuna. Kuvauskulmista johtuen äänikarttojen reunoilla voi ilmetä vääristymää äänivuotojen sijainnissa. Reunojen vuodot saattavat joissain kuvissa näkyä keskeisemmällä, kuin mitä ne todellisuudessa ovat.

4.2.1 Työskentelytilojen mittaustulosten tulkinta

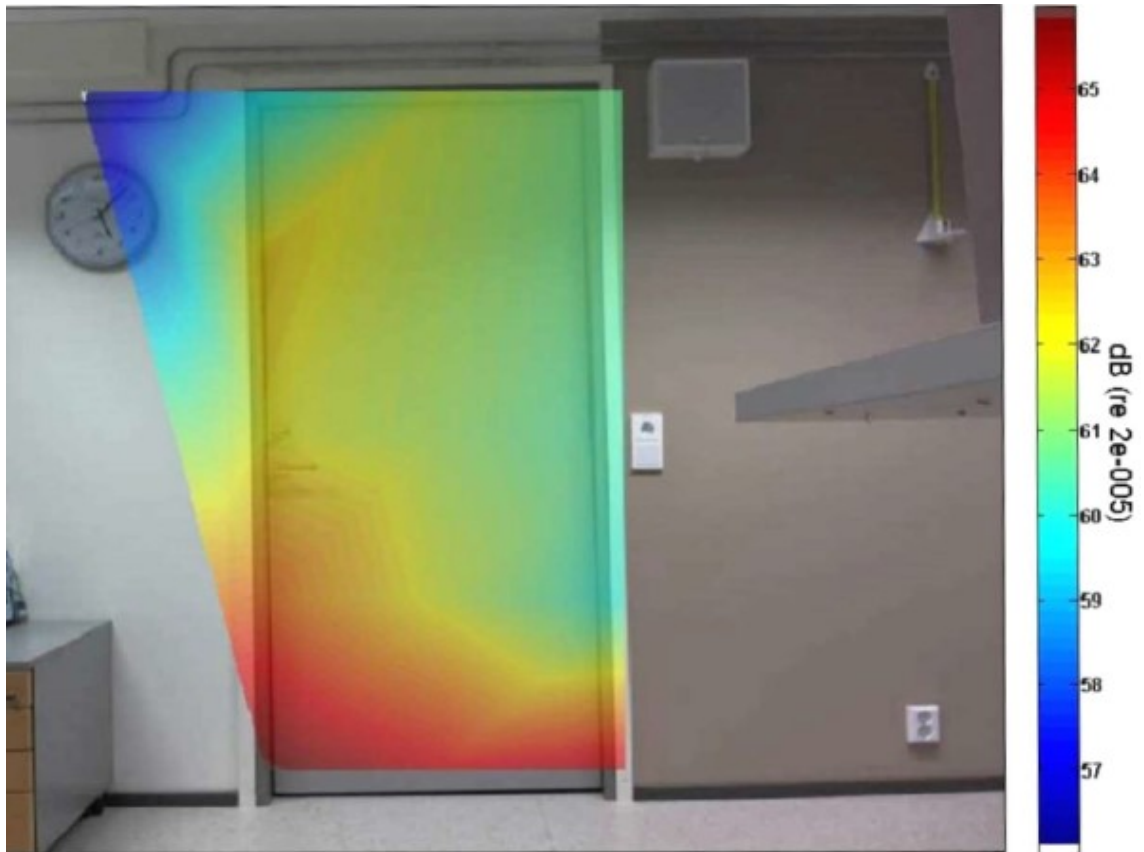
Työskentelytilan D110 odotustilasta erottavan rakenteen ilmaääneneristysluvuksi on saatu mittausten perusteella 29 dB. Huoneen välioiven vuotokohtakartoituksessa oven alareunassa oli havaittavissa hieman suurempaa äänivuotoa, kuin muualla ovessa (kuva 10).



Kuva 10. D110 oven äänivuotokohdat.

Oven alareunan äänivuoto on noin 0,14 dB suurempaa kuin muualla ovesta, joten alareunan vuoto ei yksistään selitä rakenteen puutteellista ilmaääneneristävyyttä. Todennäköisemmin koko ovi on ilmaääneneristävyydeltään riittämätön.

Työskentelytilassa D111 on saatu ilmaääneneristyslukuksi 34 dB. Tilassa on mitattu vesijohdon ja IV-läpiviennin äänivuotoja, mutta selkeästi suurin äänivuoto on tilan väliovessa (kuva 11.)

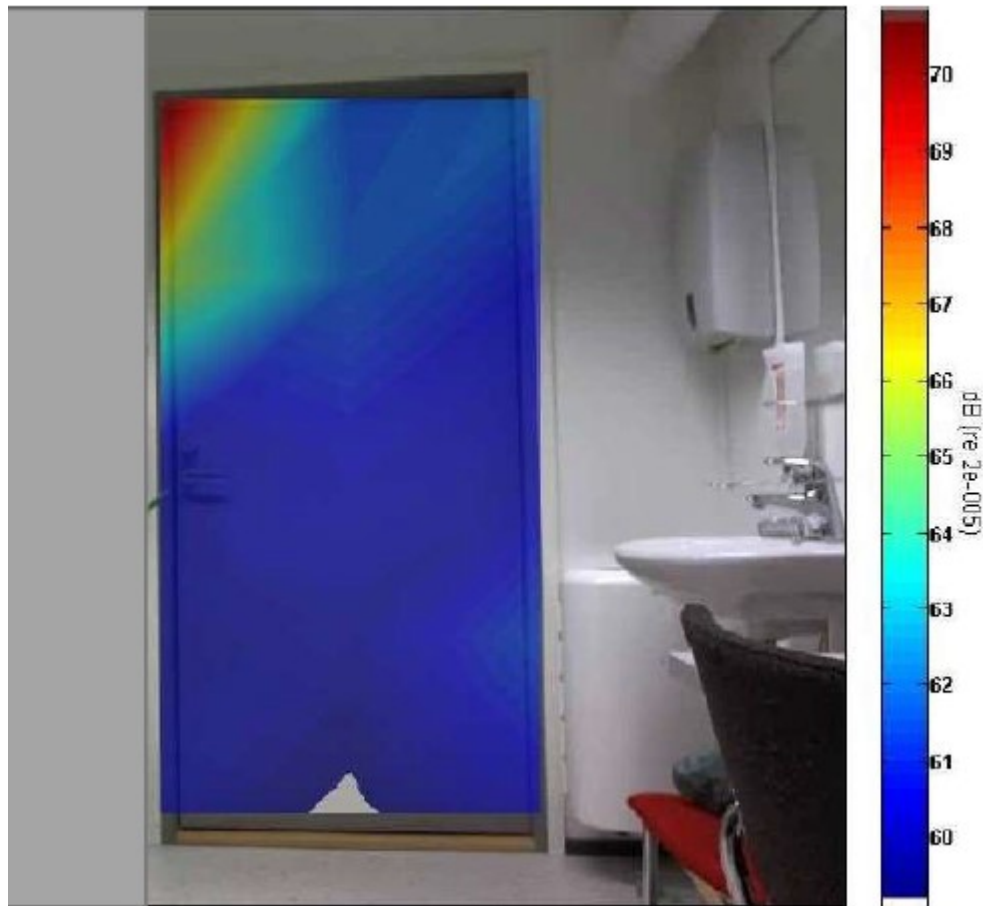


Kuva 11. D111 oven vuotokohdat.

Tiloissa olleen vesijohtoläpiviennin äänivuoto oli noin 0,5 dB suurempaa, kuin sitä ympäröivän seinärakenteen. IV-kanavan äänivuoto oli noin 3 dB suurempaa, tosin IV-kanavan vieressä oli poistoilmapäätelaitte, joka on voinut vääristää mittaustulosta.

Huoneen välioiven alareunan äänivuoto oli noin 8 dB suurempaa kuin ympäröivän seinärakenteen ääneneristävyys, mutta myös oven vasemmanpuoleinen reuna ja yläreuna vuotivat ääntä selkeästi. Vaikka tilan läpivientien ääneneristyksessä on puutteita, on välioiven ilmaääneneristävyys selkeästi riittämätön.

Tilan D112 ilmaääneneristysluvuksi on saatu 32 dB. Tilassa on IV-läpivienti, jonka äänivuoto on ollut noin 0,9 dB suurempaa kuin ympäröivän seinärakenteen. Tilassa olevan oven vasemmassa ylänurkassa oli havaittavissa äänivuoto, joka oli noin 10 dB suurempaa, kuin muualla ovenssa (kuva 12.)



Kuva 12. D112 oven äänivuotokohdat.

Tilan IV-kanavan eristyksessä kanavaputken ja läpivientiaukon välinen rako oli jäänyt tiivistämättä elastisella massalla putken yläreunasta. Tämä on todennäköisin syy sille, että läpiviennissä on pientä äänivuotoa. Oven yläreunan vuoto voi taas johtua ovilehdessä havaitusta pienestä yläreunan kaarevuudesta. Myös ovikynnyksen tiivisteen kiinnitys oli osittain pettänyt (kuva 13).



Kuva 13. D112 ovikynnyksen tiiviste.

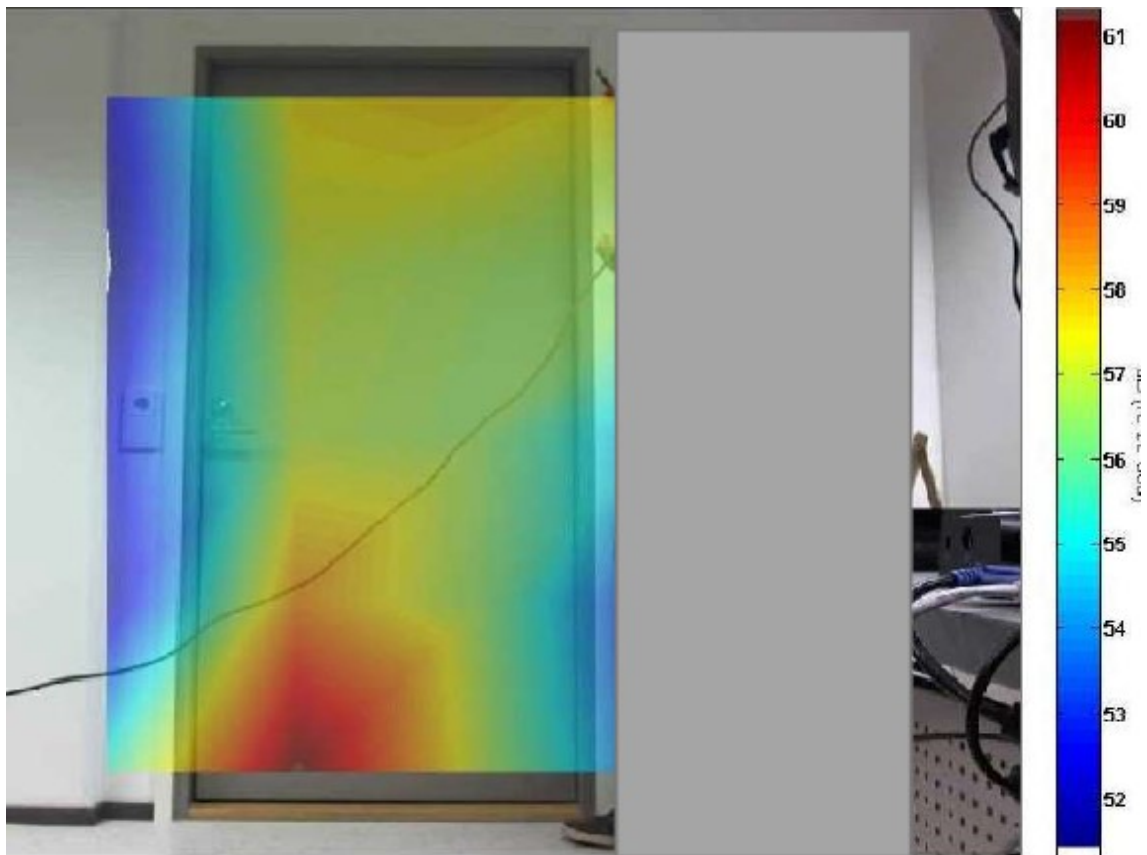
Oviaukon yläreunan vuoto on merkittävää ja vaikka mittauksessa alareuna vaikuttii tiiviiltä, voi huonosti kiinni oleva tiiviste vaikuttaa oven ääneneristävyyteen, mikäli se ovea kiinni laittaessa asettuu huonosti paikalleen.

Tilassa D115 on ilmaääneneristysluvaksi saatu 35 dB. Tilassa olevien lämpölinjojen läpiviennin äänivuoto on noin 0,4 dB suurempaa, kuin ympäröivän seinärakenteen. Tilan väliooven vieressä sijaitsevan kojerasian äänivuoto on noin 1,5 dB suurempaa, kuin ympäröivän seinärakenteen. Tilassa olevan väliooven yläreunassa on havaittavissa merkittävää vuotoa, joka on paikoin jopa 7 dB suurempaa, kuin muualla ovesta. Eritoten oven vasen ylänurkka vuotaa merkittävästi (kuva 14).



Kuva 14. D115 oven äänivuotokohdat.

Työskentelytilan D116 ilmaääneneristyslukuksi on saatu 37 dB. Tiloissa olevan oven alareunassa on havaittavissa noin 9 dB suurempi äänivuoto muuhun oveen verrattuna, mutta myös oven keskellä ja yläreunassa on havaittavissa merkittävää vuotoa (kuva 15).



Kuva 15. D116 oven äänivuotokohdat.

Kaikissa työskentelytiloissa oli myös välioven vieressä molemmin puolin seinärakennetta tekniset upotukset, joissa kaikissa oli havaittavissa pientä äänivuotoa. Vaikka upotukset eivät olleet täysin kohdakkain, ei niiden välille jäänyt suositeltua 500 mm etäisyyttä. Koska rakennetta ei voitu avata, ei saatu selville onko upotukset koteloitu ohjeiden mukaisesti.

4.2.2 Sisäliikuntasalin mittaustulosten tulkinta

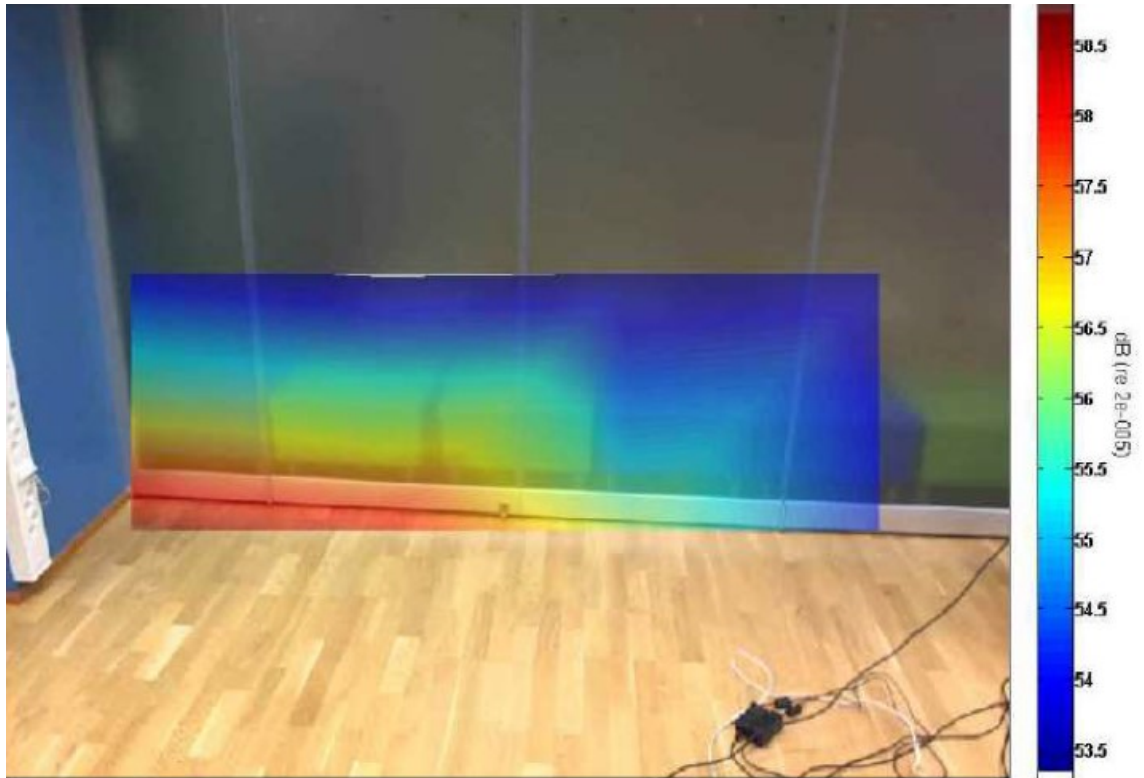
Sisäliikuntasalin ja luokkatiloja erottavan rakenteen ilmaääneneristysluvaksi on mittauksissa saatu 22 dB. Erottavina rakenteina toimivat ovelliset siirtoseinät, jotka toisistaan erottaa betonipilari.

Siirtolasiseinien äänivuotomittaukset on jaettu lohkoihin, jotka on eritelty kuvassa 16. Perimmäinen lasiseinä sijaitsee tilassa E166 ja etummainen lasiseinä tilassa E167.

Perimmäinen lasiseinä vasemmalta ylhäältä	Perimmäinen lasiseinä oikealta ylhäältä	Etummainen lasiseinä vasemmalta ylhäältä	Etummainen lasiseinä oikealta ylhäältä
Perimmäinen lasiseinä vasemmalta alhaalta	Perimmäinen lasiseinä oikealta alhaalta	Etummainen lasiseinä vasemmalta alhaalta	Etummainen lasiseinä oikealta ylhäältä

Kuva 16. Siirtolasiseinien lohkot.

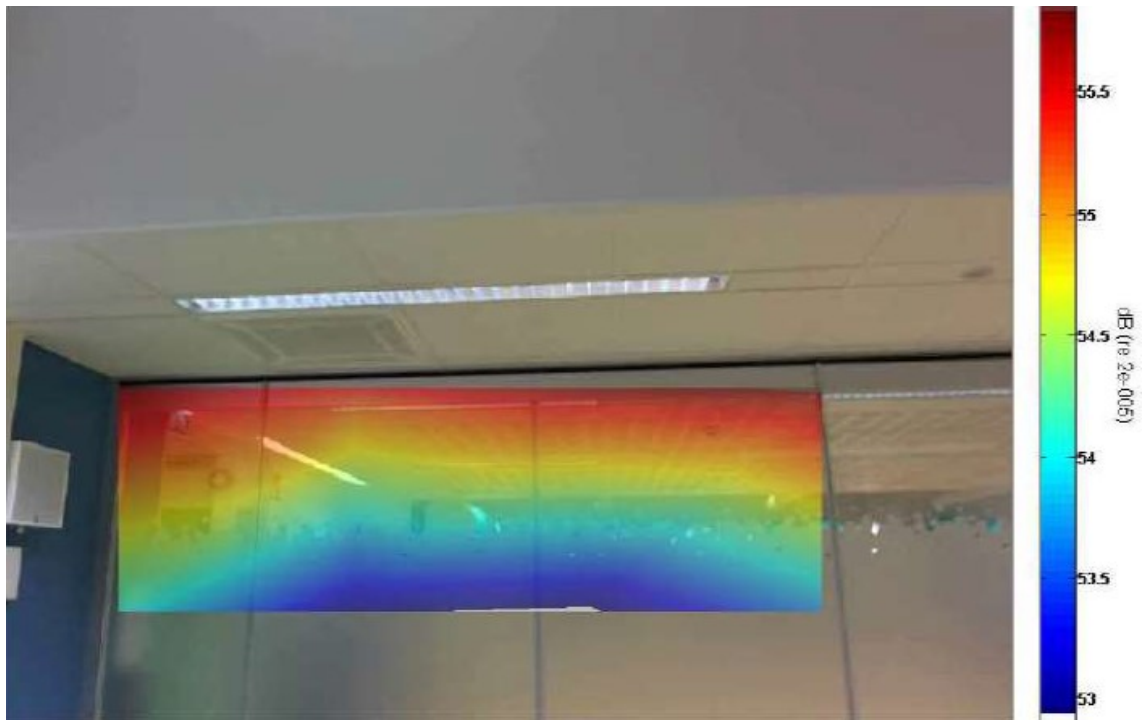
Siirtolasiseinien suurimmat vuotokohdat löytyivät seinien ylä- ja alareunoista. Kuvissa 17-20 on esitetty perimmäisen lasiseinän kaikkien lohkojen äänivuotokohdat ja kuvissa 21-24 on esitetty etummaisen lasiseinän kaikkien lohkojen äänivuotokohdat.



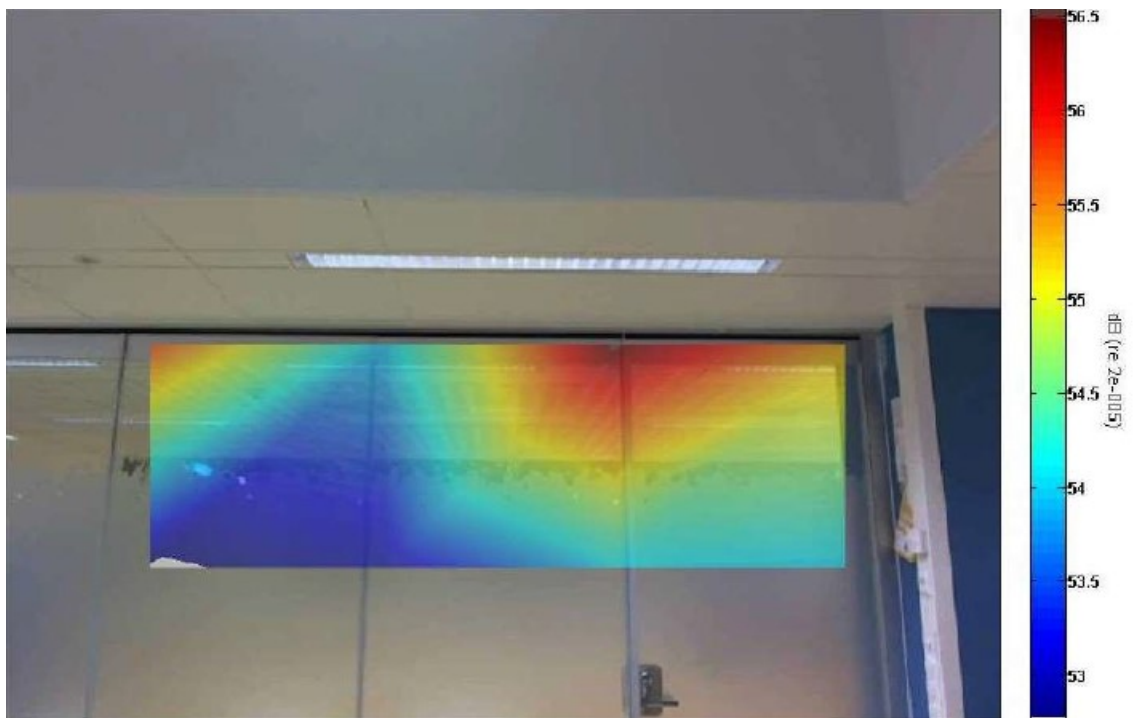
Kuva 17. Perimmäinen lasiseinä vasemmalta alhaalta. Vasemman alareunan äänivuoto jatkuu seuraavan lasin alareunaan ja on noin 4,5 dB suurempaa kuin ympäröivän rakenteen.



Kuva 18. Perimmäinen lasiseinä oikealta alhaalta. Oven oikean alareunan äänivuoto on noin 8 dB suurempaa, kuin ympäröivän rakenteen.



Kuva 19. Perimmäinen lasiseinä vasemmalta ylhäältä. Vasemman yläreunan äänivuoto jatkuu seuraavan kahden lasin yläreunaan ja on noin 3,5 dB suurempaa, kuin ympäröivän rakenteen.



Kuva 20. Perimmäinen lasiseinä oikealta ylhäältä. Oven vasemman yläreunan sauman äänivuoto on noin 3,6 dB suurempaa, kuin ympäröivän rakenteen.



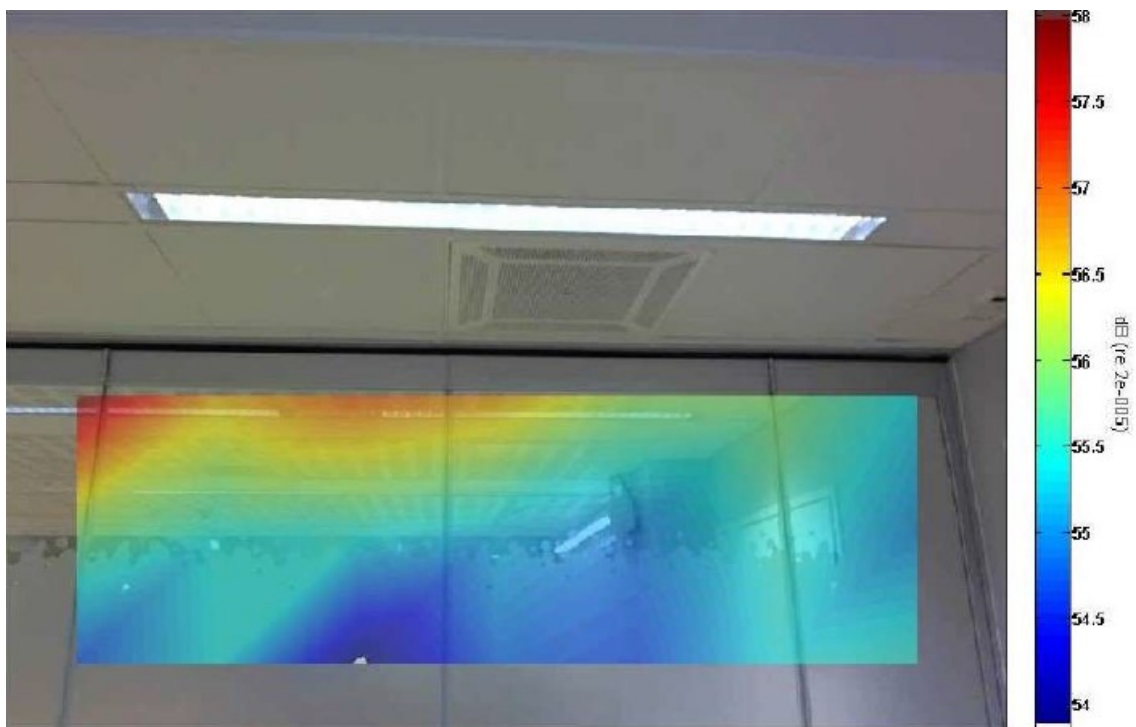
Kuva 21. Etummainen lasiseinä vasemmalta alhaalta. Äänivuoto jatkuu oven alareunasta seuraavan lasin alareunaan ja on noin 4 dB suurempaa, kuin ympäröivän rakenteen.



Kuva 22. Etummainen lasiseinä oikealta alhaalta. Äänivuoto jatkuu alanurkasta seuraavan lasin alareunaan ja on noin 3 dB suurempaa, kuin ympäröivän rakenteen.



Kuva 23. Etummainen lasiseinä vasemmalta ylhäältä. Äänivuoto jatkuu alanurkasta seuraavan lasin alareunaan ja on noin 12,5 dB suurempaa, kuin ympäröivän rakenteen.



Kuva 24. Etummainen lasiseinä oikealta ylhäältä. Suurin äänivuoto on lasien välisen sauman yläreunassa ja noin 4 dB suurempaa, kuin ympäröivän rakenteen.



Kuva 25. Siirtolasiseinän alareunan tiiviste on painunut kasaan



Kuva 26. Siirtolasiseinän yläreunan tiivisteiden liitoskohdassa rako.

5 Johtopäätökset

RIL 243 -kirjasarjan oppilaitoksia koskevissa akustisen suunnittelun ohjeissa on annettu oppilaitoksen luottamuksellisia keskusteluja käsitteleville toimistotiloille rakenteiden ilmaääneneristysluvun vähimmäisarvoksi R'_w 44 dB. Oppilaitosten sisäliikuntatilojen ja niitä ympäröivien opetustilojen välisten rakenteiden ilmaääneneristysluvun annettu suositusarvo on $R'_w \geq 60$ dB. [6, 35, 64 - 65.]

Sekä työskentelytiloissa, että sisäliikuntasalissa rakenteiden ilmaääneneristysluku jää puutteelliseksi ohjearvoon nähden. Taulukossa 9 on käyty läpi mitatun ilmaääneneristysluvun ja ohjearvon erotukset tilakohtaisesti.

Taulukko 9. Mitattujen ilmaääneneristyslukujen ja ohjeellisten arvojen tilakohtaiset erotukset.

Tila	Mitattu ilmaääneneristysluku $R'w$ dB	Ilmaääneneristysluvun ohjearvo tilalle $R'w$ dB	Erotus dB
D110	29	44	-15
D111	34	44	-10
D112	32	44	-12
D115	35	44	-9
D116	37	44	-7
Sisäliikuntasali	23	60	-37

Koska työskentelytilojen seinärakenteiden tarkkaa rakennetyyppiä ei ole tiedossa, ei voida sanoa varmaksi onko rakenne suunniteltu käyttötarkoitukseen nähden oikein. On mahdollista, että itse seinärakenne ei täytä tiloille asetettuja ilmaääneneristävyiden vähimmäisarvoja, mutta myös työskentelytilojen väliovissa on aiemmista korjaustoimenpiteistä huolimatta havaittavissa selkeitä puutteita.

Väliovista löytyneet äänivuodot ovat merkittäviä ja niillä on heikentävä vaikutus koko rakenteen ilmaääneneristävyteen. Todennäköisin aiheuttaja ovien äänivuodoille on ovikarmin sekä ovilehden tiivisteiden puutteet ja ovilehtien kaarevuus. Syytä ovilehtien kaarevuudelle ei ole tiedossa, mutta todennäköisin aiheuttaja on ovien virheellinen rakentamisen aikainen varastointi, virheellinen oven asennus tai materiaalivirhe. Tästä vuoksi voidaan olettaa, että väliovien osalta kohteen tuotannon laadulliset puutteet ovat vaikuttaneet väliovien ilmaääneneristävyteen.

Koska äänivuodot ovat nimenomaan ovilehtien reunoilla voidaan olettaa, että ovikarmin kiinnitys seinärakenteeseen ja niiden välisen raon tiivistys on tehty oikeaoppisesti. Osassa väliovista äänivuodot olivat keskittyneet oven alareunoihin, joten ovikynnyksen asennuksessa voi olla puutteita.

Äänivuodot olivat kaikissa tilojen läpivienneissä suhteellisen pieniä, mutta niillä on silti vaikutusta koko rakenteen ääneneristävyyteen. Läpivientien äänivuotojen todennäköisin aiheuttaja on puutteellinen eristys ja upotusten kotelointi työn toteutusvaiheessa. Kohteen toteutuksen ja laadunvalvonnan puutteilla on selkeä osuus läpivientien ilmaääneneristävyyden puutteisiin, jotka vaikuttavat koko seinärakenteen ilmaääneneristävyyteen heikentävästi.

Sisäliikuntasalin siirtolasiseinä on ympäröivien tilojen käyttötarkoitus huomioon ottaen ääneneristävyydeltään riittämätön rakenne. Suunnittelijan siirtolasiseinälle asettama ilmaääneneristysluku R_w 35 dB ei riitä tiloja erottavan rakenteen suositeltuun R'_w 60 dB ilmaääneneristävyyteen. Tämän lisäksi siirtolasiseinän asennus oli toteutettu virheellisesti. Sisäliikuntasalin osalla laadunvarmistuksen prosessi on pettänyt jo suunnitteluvaiheessa, jolloin kohteeseen on suunniteltu käyttötarkoitukseen sopimaton rakenne. Lisäksi rakenteen toteutuksen laadussa ja laadunvalvonnassa on ollut puutteita. Näistä johtuen rakenne on jäänyt ääneneristävyydeltään riittämättömäksi.

Sisäliikuntasalin lasiseinä oli asennettu noin 10 mm liian matalalle. Tämän vuoksi lasiseinän yläreunassa olevien kumitiivisteiden ja siihen liittyvän alakattorakenteen väliin jäi rakoja. Alareunan kumitiivisteet taas painuivat kasaan, joka aiheuttaa ylimääräistä kulumista tiivisteelle ja mahdollisia äänivuotokohtia kasaan painuneen kumin poimuihin (kuva 25). Siirtolasit eivät myöskään asettuneet kunnolla paikoilleen, jolloin saumoissa tiivisteiden liitoksiin jäi rakoja (kuva 26).

6 Pohdinta

6.1 Tulokset ja yhteenveto

Mittaustulosten perusteella voitiin todeta Tikkarinteen D-talon työskentelytilojen ja E-talon sisäliikuntasalin sekä opetustilojen rakenteiden ilmaääneneristävyydet puutteelliseksi. Työskentelytilojen ja niihin liittyvien odotushuoneiden välisen rakenteiden ilmaääneneristävyyksiluvut jäivät 7-15 dB alle niille asetetun vähimmäisvaatimuksen, joka tukee käyttäjien kokemusta siitä, että normaaliäänellä käyty keskustelu kuuluu selkeästi työskentelytilasta odotustilaan. Koska tiloissa käydään luottamuksellisia keskusteluja tulisi näissä tiloissa puheensiirtoindeksin STI olla 0,00. Jotta nämä olosuhteet voidaan saavuttaa, tulee rakenteiden ilmaääneneristävyyksiluvun olla vähintään R'_w 44 dB ja tilojen taustamelutason on oltava 20 dB rakenteiden läpi kuuluvaa keskusteluääntä korkeampi.

Sisäliikuntasalin siirtoväliseinän ilmaääneneristysluku R'_w jää 37 dB alle ohjearvon, joka käytännössä tarkoittaa sitä, että siirtolasiväliseinä on enemmän tiloja jakava kuin ääntä eristävä rakenne. Rakenteen toteutuksessa on puutteita, mutta suurin ongelma on rakennesuunnittelussa. Käytetty siirtolasiväliseinä ei ole soveltuva rakenne opetustilojen ja sisäliikuntasalin väliseksi ääntä eristäväksi rakenteeksi.

6.2 Korjaus- ja jatkotoimenpiteet

Tämän työn tavoitteena oli selvittää kirjallisuustutkimusta hyödyntäen, oliko Tikkarinteen tiloissa koetun ääneneristyksen riittämättömyyden taustalla ääneneristyksen suunnittelun tai toteutuksen laadulliset puutteet. Lisäksi haluttiin selvittää, onko rakenteiden ilmaääneneristävyyteen liittyville jatkokorjaustoimenpiteille tarvetta. Koska Tikkarinteen rakenteisiin liittyvää tietoa ei ollut riittävästi saatavilla, suunnittelun laadun tarkastelu jäi tässä työssä vähäisemmäksi.

Työn aihetta voisikin jatkossa kehittää keskittymällä tarkastelemaan kyseisten tilojen rakennesuunnittelua ja mahdollista rakenteissa tapahtuvaa äänen sivutiesiirtymää.

Tässä työssä kerätyn tiedon perusteella voidaan kuitenkin todeta, että työskentelytilojen väliovet olivat suurimmat ongelman aiheuttajat ja niiden ilmaääneneristävyyttä parantamalla saadaan parannettua koko rakenteen ilmaääneneristävyyttä. Yksi korjauskohde on ovilehtien ja karmien tiivisteet. Olisi hyvä tarkistaa ovatko tiivisteet käyttötarkoitukseensa sopivat ja vaihtaa huonosti kiinni olevat tiivisteet. Lisäksi ovien kaarevuuden vaikutus oven tiiveyteen tulisi tarkistaa. Ovien tiivistäminen on kuitenkin haasteellista, joten yksi vaihtoehto on vaihtaa työskentelytilojen väliovet yhdistelmäoviin. Kynnysten ja läpivientien tiivistys ja asennus sekä teknisten upotusten kotelointi tulisi tarkistaa ja korjata tarvittaessa parhaimman rakenteen ilmaääneneristävyyden aikaansaamiseksi.

Sisäliikuntasalin siirtolasiväliseinä tulisi vaihtaa kokonaan enemmän käyttötarkoitukseensa sopivaan rakenteeseen. Rakenteen ilmaääneneristävyyttä voitaisiin parantaa lisäämällä siirtolasiväliseinän eteen toinen siirrettävä rakenne, kuten nosto- tai paljeovi. Tällöin seinästä tulee kaksinkertainen rakenne, joiden väliin jää ilmatila. Ilmaääneneristysluku R'_w 60 dB on kuitenkin vaikea saavuttaa missään siirrettävässä rakenteessa, joten tässä vaihtoehtoisen rakenteen suunnittelun avuksi voitaisiin pyytää akustista suunnittelijaa.

Pelkkään siirtolasiväliseinän ääneneristävyyteen voidaan saada parannusta vaihtamalla ylä- ja alareunojen tiivisteet sopivan kokoisiksi, siten etteivät ne painu kasaan tai ettei niiden väliin jää rakoja. Myös lasiväliseinän avattavien ovien tiivisteet suositellaan tarkastamaan ja tarvittaessa vaihtamaan paremmin ääntä eristäviksi.

Tässä työssä oli tarkoitus tarkastella myös Tikkarinteen laadunvarmistuksen prosessia sekä laadunvarmistuksen menetelmiä ja verrata niitä kirjallisuustutkimusosuudessa läpi käytyyn hankkeen laadunvarmistuksen prosessiin ja erilaisiin laadunvarmistus menetelmiin. Tämä ei kuitenkaan tässä työssä onnistunut, sillä kohteen työnaikaisia dokumentteja ja suunnitelmia ei ollut saatavilla. Tä-

män vuoksi ei voitu selvittää millainen kohteessa käytetty laadunvalvonnan prosessi on ollut ja kuinka kohteen laatua on hankkeen aikana tarkasteltu. Lisäksi työssä tarkastellut tilat olivat käytössä, joten tilojen rakenteita ei voitu avata toteutuksen laadun tutkimiseksi. Näistä syistä opinnäytetyön Case osuuden fokus siirtyi enemmän kohteen laadunvarmistuksen tutkimisesta, kohteen ilmastointijärjestelmään liittyvien mittaustulosten tulkinnaiksi.

Lähteet

1. Mäkelä, Simo & Itäpalo, Esko. Teknisen eristäjän käsikirja. Helsinki: Opetushallitus. 2013. ISBN 978-952-13-5629-2.
2. RIL 129. Ääneneristuksen toteuttaminen. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2003. ISBN 951-758-432-6
3. RT RakMK-21090. Suomen Rakentamismääräyskokoelma Osa C1. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet. Helsinki. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. 1998.
4. RIL 243-1-2007, Rakennusten akustinen suunnittelu, akustiikan perusteet. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2007. ISBN 978-951-758-477-7.
5. Isover Oy. Ilmaääneneristys. Isover Oy. 2018.
<https://www.isover.fi/suunnittelijalle/aaneneristaminen/ilmaaneneristavyys-r.9.2.2018>.
6. RIL 243-2-2007. Rakennusten akustinen suunnittelu, oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2007. ISBN 978-951-758-483-8.
7. Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy. Ääneneristys rakennuksessa. Helsinki. Ympäristöministeriö. 2003. ISBN 951-682-721-7.
8. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy / Gyproc. Kirkkonummi. Gyproc Käsikirja. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy / Gyproc. 2016. ISBN 978-9529-67737-3-5.
9. RT 82-10903. Väliseinärakenteita. Helsinki. RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS. 2007.
10. RT 14-11016. Runko RYL 2010, rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, talonrakennuksen runkotyöt. Helsinki. Rakennustietosäätiö RTS. 2010. ISBN 978-951-682-970-1.
11. Wood Focus Oy. Ääneneristys puutalossa. Puurakenteisen asuinrakennuksen ääneneristävyys suunnitteluohje. Wood Focus Oy. 2010.
<https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohteet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf>. 11.2.2018.
12. RIL 182. Rakenteiden tarkastus ja valvonta. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 1991. ISBN 951-758-250-1.
13. Junnonen, J-M. Rakennushankkeen laadunvarmistus. Rakennustietosäätiö RTS. 2018.
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020202.pdf>. 13.2.2018
14. RT 10-11185. Akustiikkasuunnittelun tehtäväluettelo AKU12. Helsinki. RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS. 2015.
15. Anttonen, K. Työvaiheiden laadunhallinta. Talonrakennusteollisuus ry Itä-Suomi. 2018.
https://www.rakennusteollisuus.fi/...ja.../070415_tyovaiheiden-laadunhallinta.pdf. 11.2.2018.
16. Mittaviiva Oy, Talorakennusteollisuus ry. Toimiva työmaa, hyvät käytännöt. 2018. ISBN 978-952-93-3461-2.
17. Ratu 0438. Ääneneristys. Helsinki. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. 2015.

18. Rakennusteollisuus ry. Työmaan laadun mittausmenetelmä. Rakennusteollisuus ry. 2012.
<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/laatu/laatumittarin-kuvaus.pdf>. 13.2.2018

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16



Ilmaäänennmittausraportti

Karelia-ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio

KARELIA-AMK
Tikkariinne-kampus
D-talo, 1. kerros

Mittaukset 18.10.2016

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16**ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI**KOHTEEN YLEISTIEDOTKOHDE JA OSOITE

Äänimittauskohteena oli Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus, joka koostuu noin neljästä osasta. Tarkastelun kohteena oli D-talon 1. kerroksessa sijaitsevia työtiloja. Tikkarinne-kampus sijaitsee osoitteessa Tikkarinne 9, 80200 Joensuu.

TUTKIMUKSEN TILAAJA

Tutkimuksen tilaajana on Karelia-ammattikorkeakoulun Toimitilapalvelusta toimitilapäällikkö Matti Hyppänen.

TUTKIMUKSEN TAVOITE

Äänimittauksien tavoitteena oli selvittää 1. kerroksen valittujen huoneiden väliseinien ja väliovien ilmaääneneristävyyttä vastaanottotilojen ja odotustilojen välillä.

TUTKIMUKSEN TEKIJÄT

Laboratorioinsinööri Riku Tiira, Karelia-ammattikorkeakoulu suoritti kaikki ilmaäänimittaukset sekä pinta-alojen ja huonetilavuuksien määritykset.

TUTKIMUSAJANKOHTA

Ilmaäänimittaukset suoritettiin 18.10.2016 klo 15:00 – 18:00 välisenä aikana.

KUVAUS KOHTEESTA

Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus on rakennuksena monimuotoinen. Osissa on eri toimintoja, hallintoa, opiskelupalveluita, kirjasto, ravintola, opetustiloja sekä muita toimintaan liittyviä alueita. Kampusrakennusta on peruskorjattu kuluvan vuosikymmenen aikana lähes kauttaaltaan.

Mittavat tilat ovat vastaanottotiloja ja niihin liittyviä odotustiloja, joiden välisten väliseinien rakennetyyppi on VS4 ja väliovien ääneneristävyyden luokitusmerkintä on dB 35.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

MENETELMÄT JA HAVAINNOT

Väliseinien ja välipohjan ilmaääneneristävyydet mitattiin standardin SFS- EN ISO 16283-1 *Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation (ISO 16283-1:2014)* mukaisesti. Standardi on vahvistettu 31.3.2014. Raportti on koostettu SFS-EN 16283-1 mukaan ja tulokset on esitetty standardin SFS-EN ISO 717-1:2013 mukaisesti.

Tuloksissa R'_w on kenttämittauksilla määritetty rakenneosan ilmaääneneristävyytluku. Se ei erittele ovi- ja ikkunaosuuksia tai seinän eri materiaaleja lasista kipsilevyyn tai tiileen vaan nimenomainen ilmaneristävyytluku kuvaa koko kyseisen rakenneosan ilmaääneneristävyyttä. Myöskään mahdollisia sivutiesiirtymiä ei tällä mittausten menetelmällä voida määrittää tai eritellä. Sivutiesiirtymät vaikuttavat kentällä mitattavan rakenneosan läpi pääsevän äänen ominaisuuksiin ja ne muodostavat käytännössä yhdessä rakenneosan kanssa ilmaääneneristävyyden.

Tutkittavista tiloista mitattiin ja määritettiin niitä erottavan yhteisen rakenneosan pinta-ala sekä mittausmelua vastaanottavien tilojen ilmatilavuus. Ilmaääneneristävyyden mittaustuloksissa äänisignaalinäytteenä käytettiin vaaleanpunaista kohinaa (pink noise), jossa kohinateho kasvaa matalampia taajuuksia kohti ja ottaa huomioon ihmisen kuuloaluetta, joka ei ole suora taajuuksien suhteen. Mittausäänenpaineen tulee olla vähintään 10 dB-yksikköä yli taustamelun tason.

Lähtävällä tilalla mitattiin vaaleanpunaisen kohinan äänenpaine, L_1 . Vastaanottavassa tilassa mitattiin rakenteen läpi tulevan saman tuotetun äänenpaineen, L_2 , lisäksi tilan jälkikaiunta-aika, T , sekä taustamelu, L_b . Mittalaite oli NorSonic Nor140 äänimittari, mitattava kohina tuotettiin Nor280 – vahvistimella ja Nor276 6-elementtisellä puolipallon muotoisella kaiuttimella. Tulokset käsiteltiin Norsonic NorBuild-sovelluksella. Mittalaitteen näyttölukemataso kalibroitiin ennen ja jälkeen mittauksen Nor1251-kalibraattoria käyttäen. Mittalaite ja kalibrointilaitte on kalibroitu valmistajalla syyskuussa 2016.

Äänilähde oli väliseinien mittauksissa melua vastaanottavan tilan viereisessä tilassa niin, että lähtävä tila on suurempi ja vastaanottava tila pienempi näistä kahdesta. Mittauksia tehtiin pyörivällä mikrofonilla kahdesta eri äänilähteen sekä kahdesta eri mittauspisteen sijainnista jokaisessa mittauksessa.

Mitattaessa taustamelua, jälkikaiunta-aikaa sekä lähtävän tai vastaanottavan tilan äänenpainetta, tiloihin liittyvät ovet olivat mittauksen aikana suljettuja. Ilmanvaihtoon ei kohdistettu mitään toimenpiteitä. Odotustilasta D107 poistettiin seinältä kello mittauksen ajaksi.

Mitattaessa vastaanottavaan tilaan tulevaa äänenpainetta, oli korvakuulolta havaittavissa kohinan olevan selvintä ja voimakkainta väliovien läheisyydessä. Väliovissa oli havaittavissa jonkin verran välystä ovilevyn ja karmin välillä. Kun painoi väliovea karmia vasten kiinnemmäksi mittauskohinan ollessa vielä päällä, oli yksittäisten otosten perusteella läpitulevassa melun määrässä eroa 3...4 dB – yksikön verran. Oven painaminen vähensi läpi tulevaa melua korvin kuultavasti.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

TULOKSET

D110 Vastaanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyydeksi mitattiin

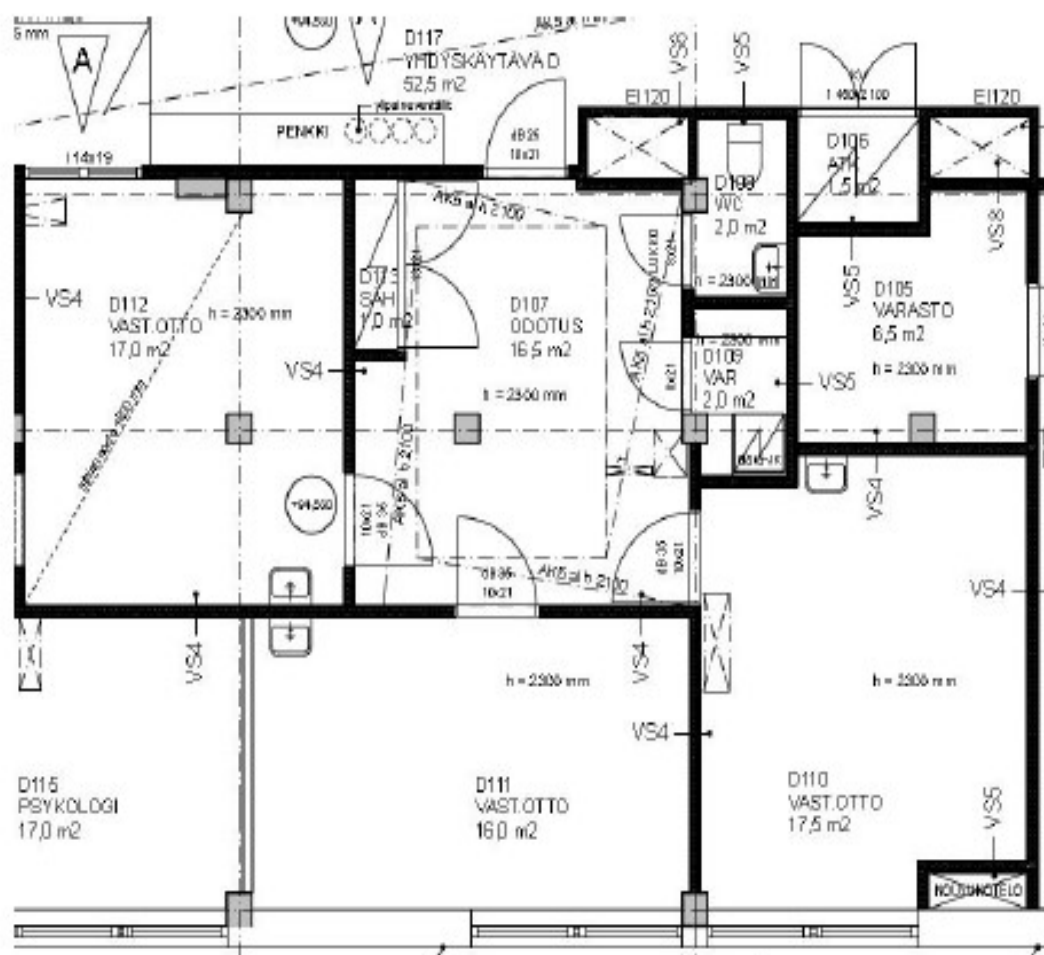
$$R'_w(C; C_{tr}) = 19(0; 1) \text{ dB.}$$

D111 Vastaanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyydeksi mitattiin

$$R'_w(C; C_{tr}) = 26 \text{ } (-1; 1) \text{ dB.}$$

D112 Vastaanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyydeksi mitattiin

$$R'_w(C; C_{tr}) = 22 \text{ } (-1; 1) \text{ dB.}$$



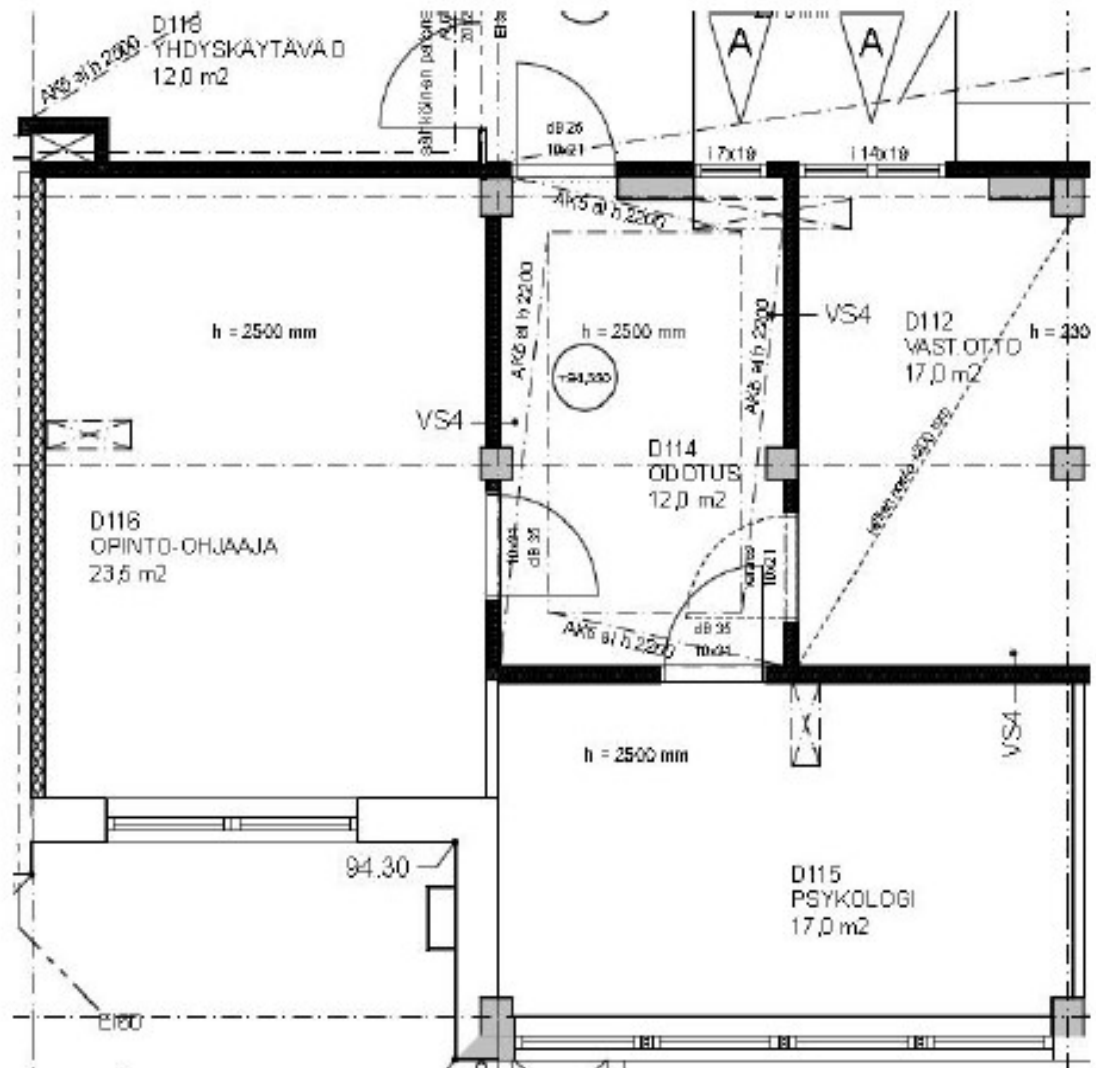
ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

D115 Vastaanotto ja D114 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksiluvuksi mitattiin

$$R'_w (C; C_{tr}) = 22 (-1; 1) \text{ dB.}$$

D116 Vastaanotto ja D114 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyyksiluvuksi mitattiin

$$R'_w (C; C_{tr}) = 25 (-1; 1) \text{ dB.}$$



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Spektriadaptaatiotermejä C ja C_{tr} käytetään tuloksissa luonnehtimaan ääneneristävyyttä monen tyyppisen melun suhteen. Spektriadaptaatiotermiä C käytetään ottamaan huomioon muun muassa puheen tai musiikin aiheuttamaa melua ja termiä C_{tr} käytetään liikennemelun vaikutusta ääneneristävyyssluukuun.

Tilojen väliseen ilmaääneneristävyyteen liittyy suoraan tilojen välissä olevan rakenneosan ominaisuuksien lisäksi myös ympäröivät rakenneosat ja talotekniikka, joita pitkin ääni/melu voi johtumalla tai ilmateitse myös edetä. Kyseessä on tällöin niin kutsuttu sivutiesiirtymä. Kenttämittauksissa sivutiesiirtymän osutta kokonaisuuteen ei standardin SFS- EN ISO 16283-1 menetelmällä voida erotella.

Liitteessä 1 on esitetty tarkemmin ääneneristävyyssmittausten tulokset ja niitä kuvaavat käyrät mitatuilla taajuusalueilla.

Äänimittaustulosten toistettavuus on noin $\pm 1,5$ dB. Toistettavuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä seuraavaa: vaikka itse mittaus onkin tarkempi, mittarin paikka tilassa, siirrettävien huonekalujen paikat, paikalla olevat irtotavarat, mittaushenkilöiden paikat yms. seikat voivat vaikuttaa mittaustulokseen. Tämän vuoksi samalla menetelmällä tehdystä uusintamittauksesta ei saada todennäköisesti aivan samaa tulosta. Tässä tapauksessa oletettu ero kahden eri mittauksen välillä on suurimmillaan 3 dB ($\pm 1,5$ dB molemmissa).

Joensuussa 21.10.2016

Riku Tiira

Riku Tiira, RI, Laboratorioinsinööri

Liite 1: Ilmäänimittausten tulokset, väliseinät ja väliovet,
6 sivua

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16**LIITE 1, ilmaäänimittausten tulokset kuvaajana ja taulukossa.**

Kuvaajassa sininen käyrä on sivun vasemman puoleisen reunan taulukon arvojen kuvaaja. Punainen käyrä on standardin SFS-EN ISO 717-1 perusteella muunnettu kuvaaja 100 Hz – 3150 Hz välillä mitattujen taajuuksien arvoista.

Ilmaääneneristävyyden luku R'_w on punaisen käyrän 500 Hz kohdalla oleva arvo. Suurempi luku on parempi luku.

Liitteessä olevat tilojen erottavien väliseinien pinta-alat ja huoneiden tilavuudet on mitattu ja laskettu suunnitelmapiirustuksista sekä tarkistettu paikan päältä. Mitattavaa melua lähettävän tilan tilavuus ei vaikuta mittauksen lopputulokseen. Vastaanottavan tilan tilavuus on käytännössä tuloksiin merkityksellinen $\pm 1 \text{ m}^3$ tarkkuudella.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brechtbühl AG

D110 - D107_161018_0010.NBF

20.10.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

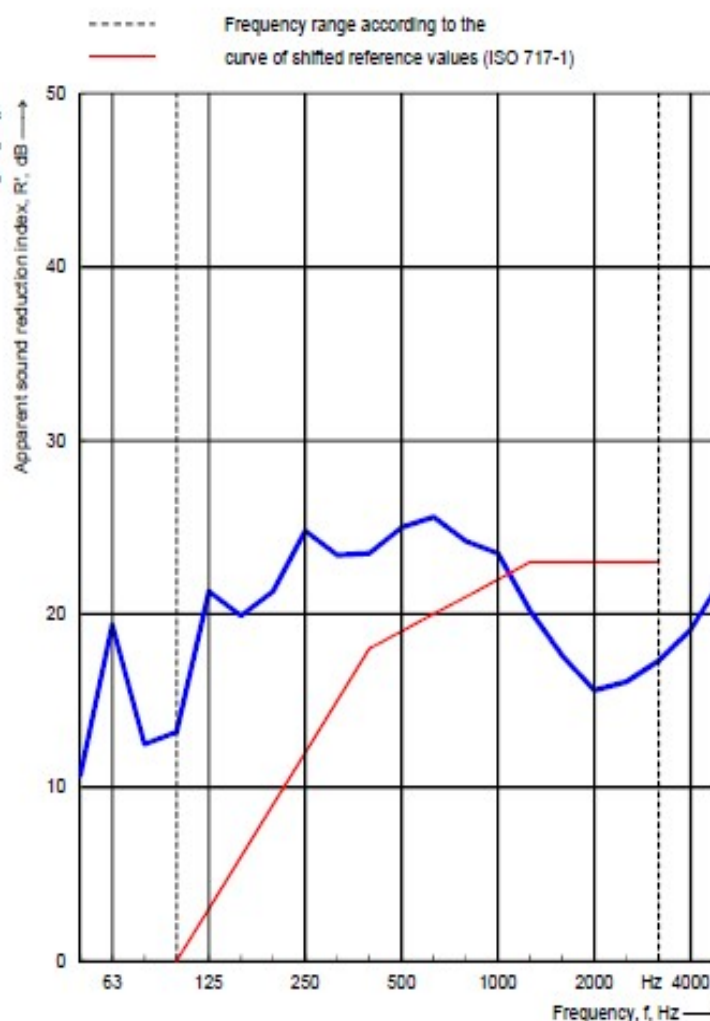
Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia Tikkarinteellä
 D-talo, 1. kerros

Date of test: 18.10.2016

Object: D110 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element: 2,60 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	10,7
63	19,4
80	12,5
100	13,2
125	21,3
160	19,9
200	21,3
250	24,8
315	23,4
400	23,5
500	25,0
630	25,6
800	24,2
1000	23,5
1250	20,2
1600	17,6
2000	15,6
2500	16,1
3150	17,3
4000	19,1
5000	22,1



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C; C_{tr}) = 19 (0 ; 1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = 0 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = 1 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = 1 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = 1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brecht&H/ A/G

D111 - D107_161018_0011.NBF

20.10.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

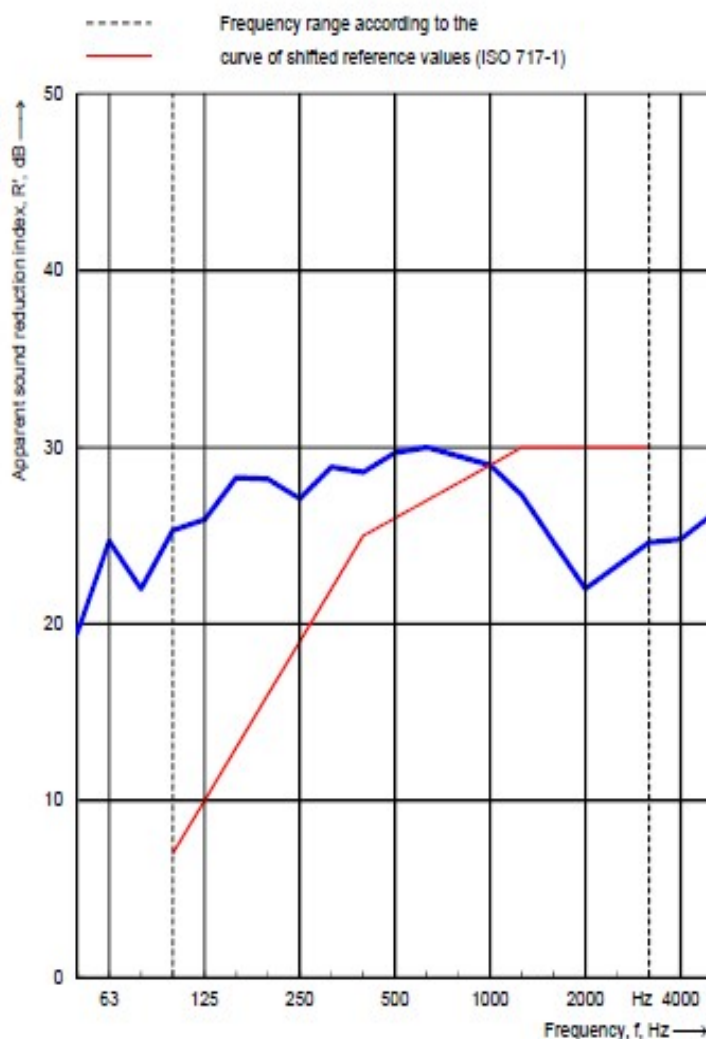
Client: Karelia-amk, Toimittilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia Tikkarinteellä
 D-talo, 1. kerros

Date of test: 18.10.2016

Object: D111 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element 8,40 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	19,5
63	24,7
80	22,0
100	25,3
125	25,9
160	28,3
200	28,2
250	27,1
315	28,9
400	28,6
500	29,7
630	30,0
800	29,5
1000	29,0
1250	27,3
1600	24,6
2000	22,0
2500	23,3
3150	24,6
4000	24,8
5000	26,2



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 26 (-1 ; 1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = 0 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = 0 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brechtöhl AG

D112 - D107_161018_0012.NBF

20.10.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

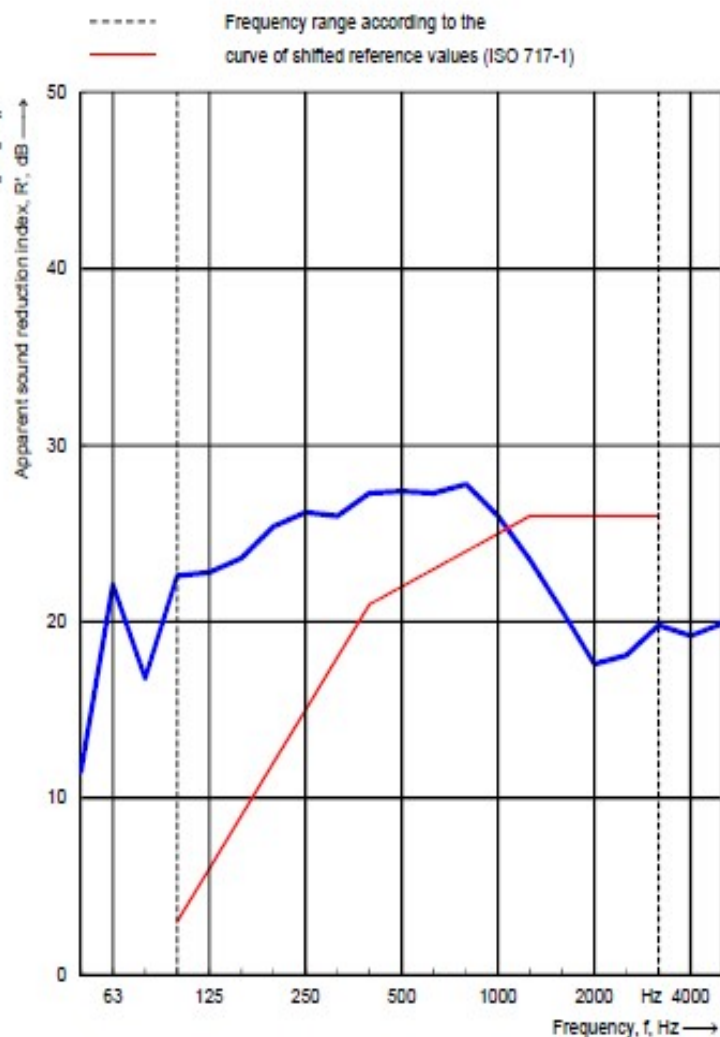
Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia Tikkarinteellä
 D-talo, 1. kerros

Date of test: 16.10.2016

Object: D112 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element 5,50 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	11,5
63	22,1
80	16,8
100	22,6
125	22,8
160	23,6
200	25,4
250	26,2
315	26,0
400	27,3
500	27,4
630	27,3
800	27,8
1000	26,0
1250	23,5
1600	20,6
2000	17,6
2500	18,1
3150	19,8
4000	19,2
5000	19,9



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C; C_{tr}) = 22 (-1 ; 1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = 0 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = 0 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brechbühl AG

D115 - D114 161018_0005.NBF

20.10.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

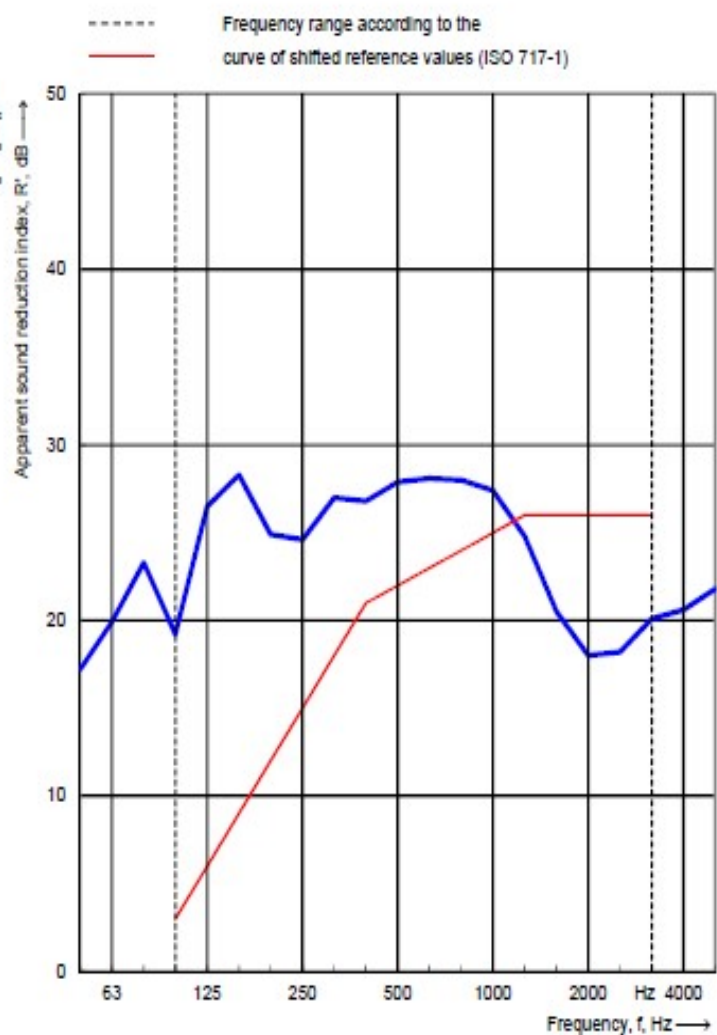
Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia Tikkarinteellä
 D-talo, 1. kerros

Date of test: 18.10.2016

Object: D115 Vastaanotto - D114 Odotustila

Area S of separating element 6,20 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 27,7 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	17,2
63	19,9
80	23,3
100	19,2
125	26,5
160	28,3
200	24,9
250	24,6
315	27,0
400	26,8
500	27,9
630	28,1
800	28,0
1000	27,4
1250	24,8
1600	20,5
2000	18,0
2500	18,2
3150	20,1
4000	20,6
5000	21,8



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_b) = 22 (-1 ; 1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
 $C_{b,50-3150} = 1 \text{ dB}$ $C_{b,50-5000} = 1 \text{ dB}$ $C_{b,100-5000} = 1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 10/16

Norsonic Brechtbühl AG

D116 - D114_161018_0007.NBF

20.10.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

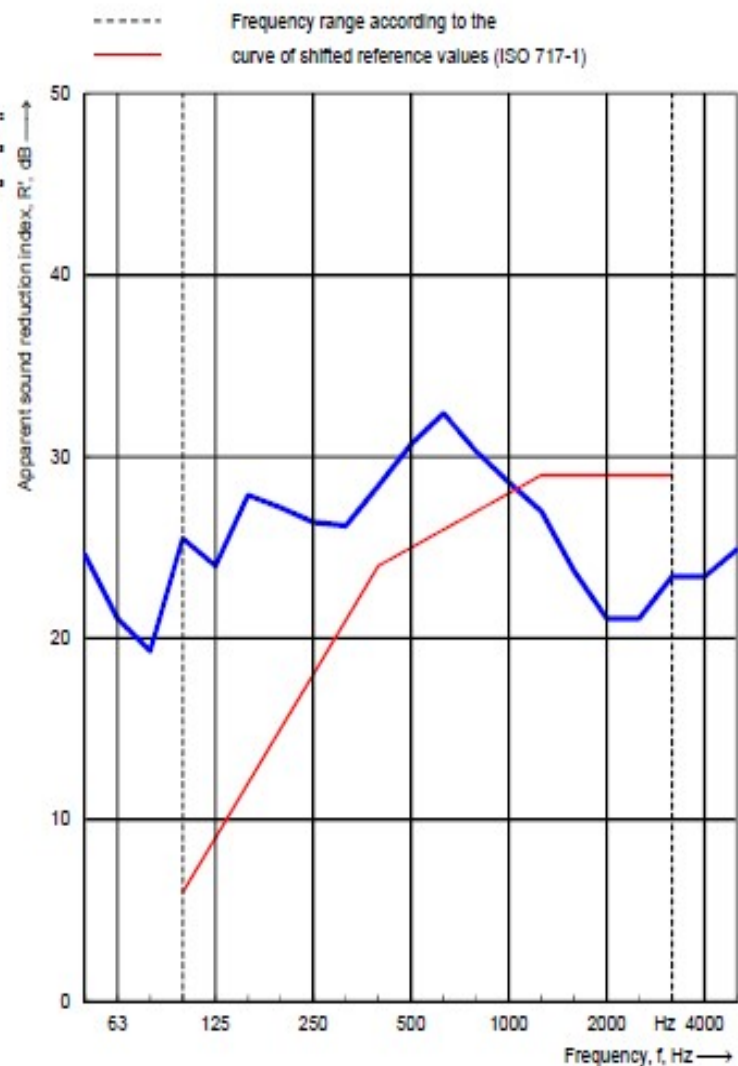
Client: Karelia-amk, Toimittilapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyssmittauksia Tikkarinteellä
 D-talo, 1. kerros

Date of test: 18.10.2016

Object: D116 Vastaanotto - D114 Odotustila

Area S of separating element 9,90 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 27,7 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	24,6
63	21,1
80	19,3
100	25,5
125	24,0
160	27,9
200	27,2
250	26,4
315	26,2
400	28,4
500	30,7
630	32,4
800	30,3
1000	28,6
1250	27,0
1600	23,7
2000	21,1
2500	21,1
3150	23,4
4000	23,4
5000	24,9



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C; C_{tr}) = 25 (-1 ; 1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
 $C_{tr, 50-3150} = 1 \text{ dB}$ $C_{tr, 50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{tr, 100-5000} = 1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 20.10.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17



Ilmaäänennmittausraportti

Karelia-ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio

KARELIA-AMK
Tikkarinne-kampus
D-talo, 1. kerros

Mittaukset 2.6.2017

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI

KOHTEEN YLEISTIEDOT

KOHDE JA OSOITE

Äänimittauskohteena oli Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus, joka koostuu noin neljästä osasta. Tarkastelun kohteena oli D-talon 1. kerroksessa sijaitsevia työtiloja. Tikkarinne-kampus sijaitsee osoitteessa Tikkarinne 9, 80200 Joensuu.

TUTKIMUKSEN TILAAJA

Tutkimuksen tilaajana on Karelia-ammattikorkeakoulun Toimitilapalvelusta toimitilapäällikkö Matti Hyppänen.

TUTKIMUKSEN TAVOITE

D-talon ensimmäisen kerroksen vastaanottohuoneiden ja odotustilojen välillä tehtiin ensimmäisen kerran ilmääänimittauksia 18.10.2016. Väliovia oli korjattu kyseisen mittauskerran jälkeen. Tämän mittauksen tavoitteena oli selvittää minkä verran korjaukset ovat parantaneet huonetilojen välistä ilmäääneneristävyyttä.

TUTKIMUKSEN TEKIJÄT

Laboratorioinsinöörit Riku Tiira ja Hannu Tolvanen, Karelia-ammattikorkeakoulu suorittivat kaikki ilmääänimittaukset.

TUTKIMUSAJANKOHTA

Ilmääänimittaukset suoritettiin 2.6.2017 klo 14:30 – 16:00 välisenä aikana.

KUVAUS KOHTEESTA

Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus on rakennuksena monimuotoinen. Osissa on eri toimintoja, hallintoa, opiskelupalveluita, kirjasto, ravintola, opetustiloja sekä muita toimintaan liittyviä alueita. Kampusrakennusta on peruskorjattu kuluvan vuosikymmenen aikana lähes kauttaaltaan.

Mittavat tilat ovat vastaanottotiloja ja niihin liittyviä odotustiloja, joiden välisten väliseinien rakennetyyppi on VS4 ja väliovien ääneneristävyyssuokitusmerkintä on dB 35.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

MENETELMÄT JA HAVAINNOT

Väliseinien ja välipohjan ilmaääneneristävyydet mitattiin standardin SFS- EN ISO 16283-1 *Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation (ISO 16283-1:2014)* mukaisesti. Standardi on vahvistettu 31.3.2014. Raportti on koostettu SFS-EN 16283-1 mukaan ja tulokset on esitetty standardin SFS-EN ISO 717-1:2013 mukaisesti.

Tuloksissa R'_w on kenttämittauksilla määritetty rakenneosan ilmaääneneristävyytluku. Se ei erittele ovi- ja ikkunaosuuksia tai seinän eri materiaaleja lasista kipsilevyyn tai tiileen vaan nimenomainen ilmaneristävyytluku kuvaa koko kyseisen rakenneosan ilmaääneneristävyyttä. Myöskään mahdollisia sivutiesiirtymiä ei tällä mittausten menetelmällä voida määrittää tai eritellä. Sivutiesiirtymät vaikuttavat kentällä mitattavan rakenneosan läpi pääsevän äänen ominaisuuksiin ja ne muodostavat käytännössä yhdessä rakenneosan kanssa ilmaääneneristävyyden.

Tutkittavista tiloista mitattiin ja määritettiin niitä erottavan yhteisen rakenneosan pinta-ala sekä mittausmelua vastaanottavien tilojen ilmatilavuus. Ilmaäänennmittauksissa äänisignaalina käytettiin vaaleanpunaista kohinaa (pink noise), jossa kohinateho kasvaa matalampia taajuuksia kohti ja ottaa huomioon ihmisen kuuloaluetta, joka ei ole suora taajuuksien suhteen. Mittausäänenpaineen tulee olla vähintään 10 dB-yksikköä yli taustamelun tason.

Lähtävällä tilassa mitattiin vaaleanpunaisen kohinan äänenpaine, L1. Vastaanottavassa tilassa mitattiin rakenteen läpi tulevan saman tuotetun äänenpaineen, L2, lisäksi tilan jälkikaiunta-aika, T, sekä taustamelu, Lb. Mittalaite oli NorSonic Nor140 äänimittari, mitattava kohina tuotettiin Nor280 – vahvistimella ja Nor276 6-elementtisellä puolipallon muotoisella kaiuttimella. Tulokset käsiteltiin Norsonic NorBuild-sovelluksella. Mittalaitteen näyttölukemataso kalibroitiin ennen ja jälkeen mittauksen Nor1251-kalibraattoria käyttäen. Mittalaite ja kalibrointilaitte on kalibroitu valmistajalla syyskuussa 2016.

Äänilähde oli väliseinien mittauksissa melua vastaanottavan tilan viereisessä tilassa niin, että lähtävä tila on suurempi ja vastaanottava tila pienempi näistä kahdesta. Mittauksia tehtiin käsin pyöritetyllä mikrofoniin kahdesta eri äänilähteen sekä kahdesta eri mittauspisteen sijainnista jokaisessa mittauksessa.

Mitattaessa taustamelua, jälkikaiunta-aikaa sekä lähtävän tai vastaanottavan tilan äänenpainetta, tiloihin liittyvät ovet olivat mittauksen aikana suljettuja. Ilmanvaihtoon ei kohdistettu mitään toimenpiteitä.

Mitattaessa vastaanottavaan tilaan tulevaa äänenpainetta, oli korvakuulolta havaittavissa kohinan olevan selvintä D107 Odotustilan ilmanvaihdon tuloilman venttiilin läheisyydessä. Joissain välitiloissa oli edelleen pientä vällyä ovilevyn ja karmin välillä. Ovilevyn tiivisteiden kulmaliitoksissa oli joissain ovissa rakoa ja toisissa ei. Vastaanottotilan D112 oven havaittiin erityisesti olevan tarkistamisen tarpeessa. Oven painaminen muutti läpi tulevan kohinan laatua korvin kuultavasti.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

TULOKSET

D110 Vastaanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyydeksi mitattiin

$$R'_w(C; C_{tr}) = 19 (0; 1) \text{ dB. 18.10.2016}$$

$$R'_w(C; C_{tr}) = 29 \text{ (-1; -1) dB. 2.6.2017}$$

D111 Vastaanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyydeksi mitattiin

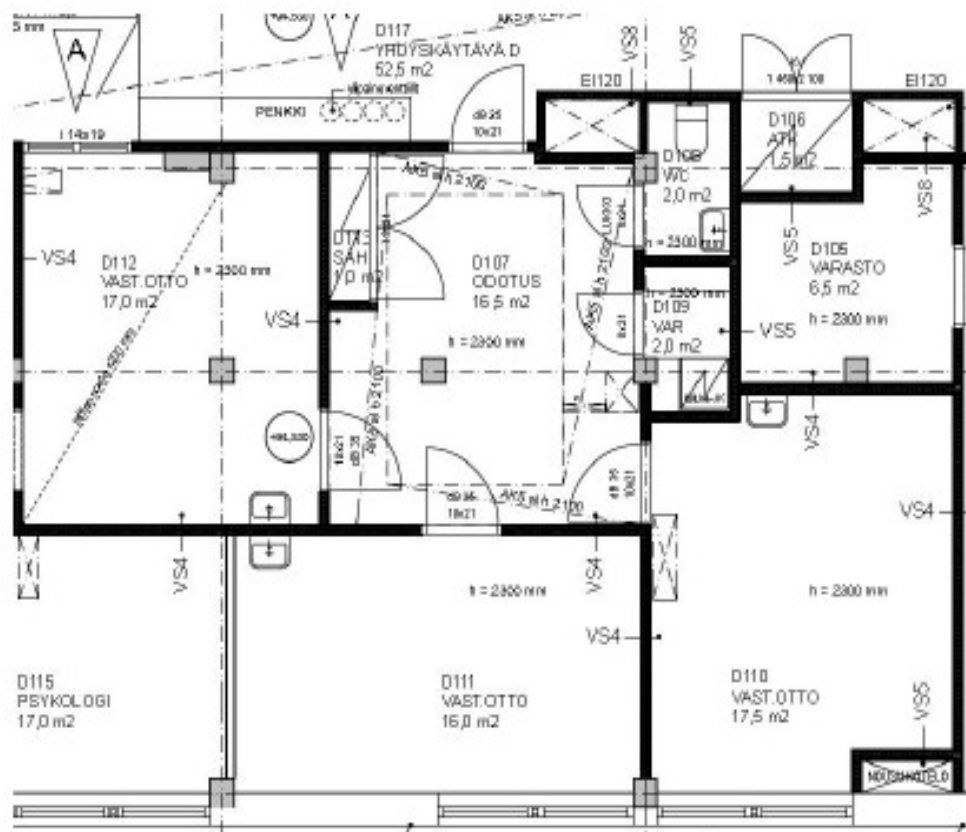
$$R'_w(C; C_{tr}) = 26 \text{ (-1; 1) dB. 18.10.2016}$$

$$R'_w(C; C_{tr}) = 34 (0; 0) \text{ dB. 2.6.2017}$$

D112 Vastaanotto ja D107 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyydeksi mitattiin

$$R'_w(C; C_{tr}) = 22 \text{ (-1; 1) dB. 18.10.2016}$$

$$R'_w(C; C_{tr}) = 32 (0; 0) \text{ dB. 2.6.2017}$$



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

D115 Vastaanotto ja D114 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyydeksi mitattiin

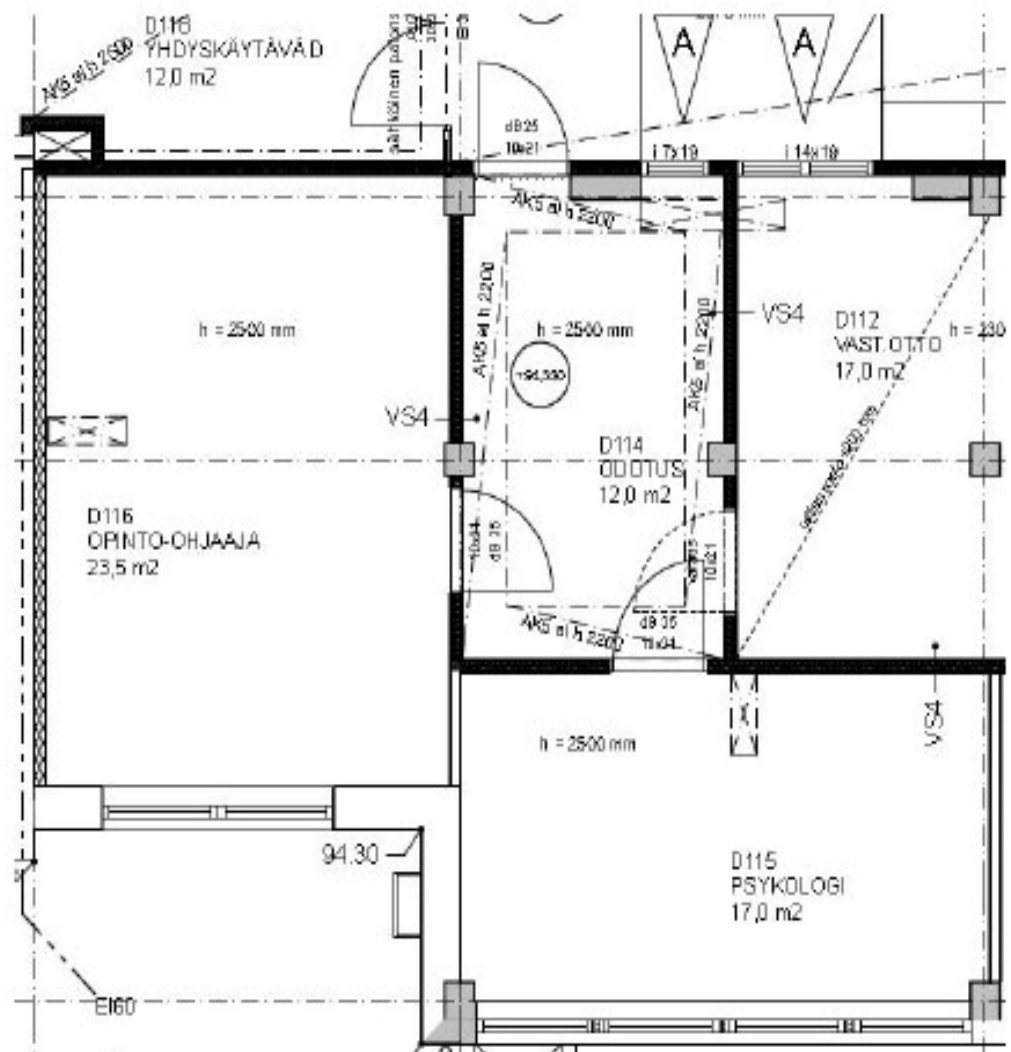
$$R'_w (C; C_{tr}) = 22 (-1; 1) \text{ dB. 18.10.2016}$$

$$R'_w (C; C_{tr}) = 35 (-1; -2) \text{ dB. 2.6.2017}$$

D116 Vastaanotto ja D114 Odotustilan väliseksi ilmaääneneristävyydeksi mitattiin

$$R'_w (C; C_{tr}) = 25 (-1; 1) \text{ dB. 18.10.2016}$$

$$R'_w (C; C_{tr}) = 37 (-1; -1) \text{ dB. 2.6.2017}$$



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Spektriadaptaatiotermejä C ja C_{tr} käytetään tuloksissa luonnehtimaan ääneneristävyyttä monen tyyppisen melun suhteen. Spektriadaptaatiotermiä C käytetään ottamaan huomioon muun muassa puheen tai musiikin aiheuttamaa melua ja termiä C_{tr} käytetään liikennemelun vaikutusta ääneneristävyytlukuun.

Tilojen väliseen ilmäääneneristävyyteen liittyy suoraan tilojen välissä olevan rakenneosan ominaisuuksien lisäksi myös ympäröivät rakenneosat ja talotekniikka, joita pitkin ääni/melu voi johtumalla ja/tai ilmateitse myös edetä. Kyseessä on tällöin niin kutsuttu sivutiesiirtymä. Kenttämittauksissa sivutiesiirtymän osutta kokonaisuuteen ei standardin SFS- EN ISO 16283-1 menetelmällä voida erotella.

Liitteessä 1 on esitetty tarkemmin ääneneristävyydsmittausten tulokset ja niitä kuvaavat käyrät mitatuilla taajuusalueilla.

Äänimittaustulosten toistettavuus on noin $\pm 1,5$ dB. Toistettavuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä seuraavaa: vaikka itse mittaus onkin tarkempi, mittarin paikka tilassa, siirrettävien huonekalujen paikat, paikalla olevat irtotavarat, mittaushenkilöiden paikat yms. seikat voivat vaikuttaa mittaustulokseen. Tämän vuoksi samalla menetelmällä tehdystä uusintamittauksesta ei saada todennäköisesti aivan samaa tulosta. Tässä tapauksessa oletettu ero kahden eri mittauksen välillä on suurimmillaan 3 dB ($\pm 1,5$ dB molemmissa).

Joensuussa 6.6.2017

Riku Tiira

Riku Tiira, RI, Laboratorioinsinööri

Liite 1: Ilmäänimittausten tulokset, väliseinät ja väliovet,
6 sivua

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17**LIITE 1, ilmääänimittausten tulokset kuvaajana ja taulukossa.**

Kuvaajassa sininen käyrä on sivun vasemman puoleisen reunan taulukon arvojen kuvaaja. Punainen käyrä on standardin SFS-EN ISO 717-1 perustein muunnettu kuvaaja 100 Hz – 3150 Hz välillä mitattujen taajuuksien arvoista.

Ilmäääneneristävyytluku R'_w on punaisen käyrän 500 Hz kohdalla oleva arvo. Suurempi luku on parempi ilmäääneneristävyytluku.

Liitteessä olevat tiloja erottavien väliseinien pinta-alat ja huoneiden tilavuudet on mitattu ja laskettu suunnitelmapiiirustuksista sekä tarkistettu paikan päältä. Mitattavaa melua lähettävän tilan tilavuus ei vaikuta mittauksen lopputulokseen. Vastaanottavan tilan tilavuus on käytännössä tuloksiin merkityksellinen $\pm 1 \text{ m}^3$ tarkkuudella.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechtbühl AG

D110 - D107

6.6.2017

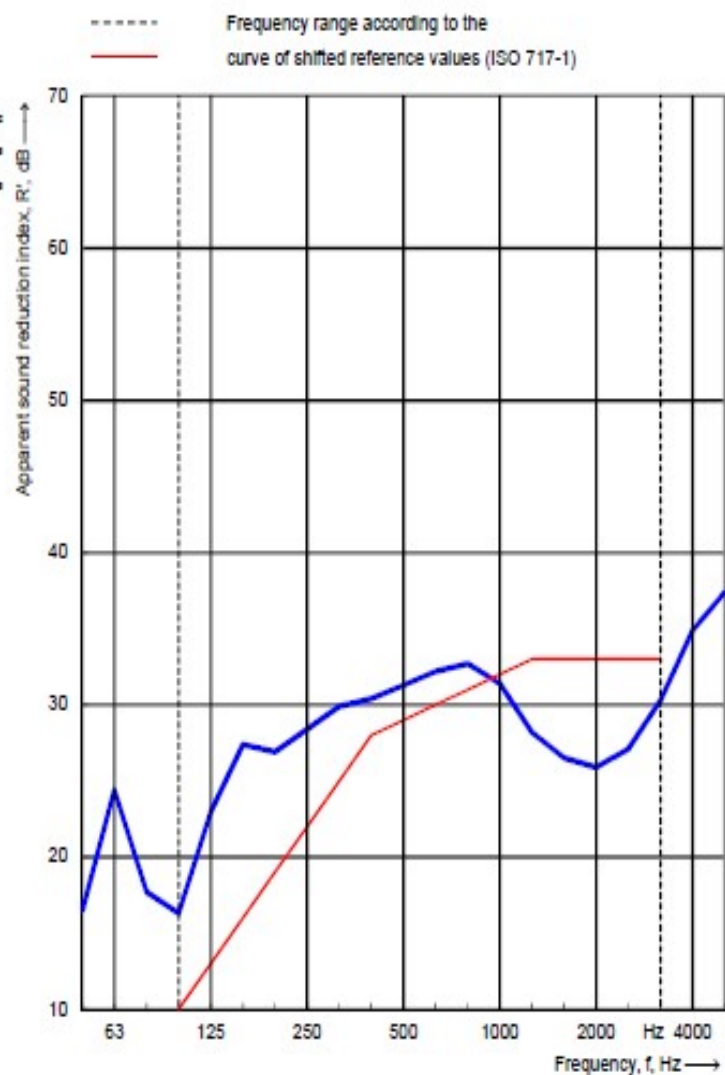
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut Date of test: 2.6.2017
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia huonetilojen välillä vaakasuuntaan.
 Tikkarinne, D-talo, 1. kerros
 Object: D110 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element 2,60 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	16,5
63	24,4
80	17,7
100	16,3
125	23,0
160	27,4
200	26,9
250	28,4
315	29,9
400	30,4
500	31,3
630	32,2
800	32,7
1000	31,4
1250	28,2
1600	26,5
2000	25,9
2500	27,1
3150	30,3
4000	34,9
5000	37,4



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C; C_{tr}) = 29 (-1; -1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 06.06.2017

Riku Tiira

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechtbühni AG

D111 - D107

6.6.2017

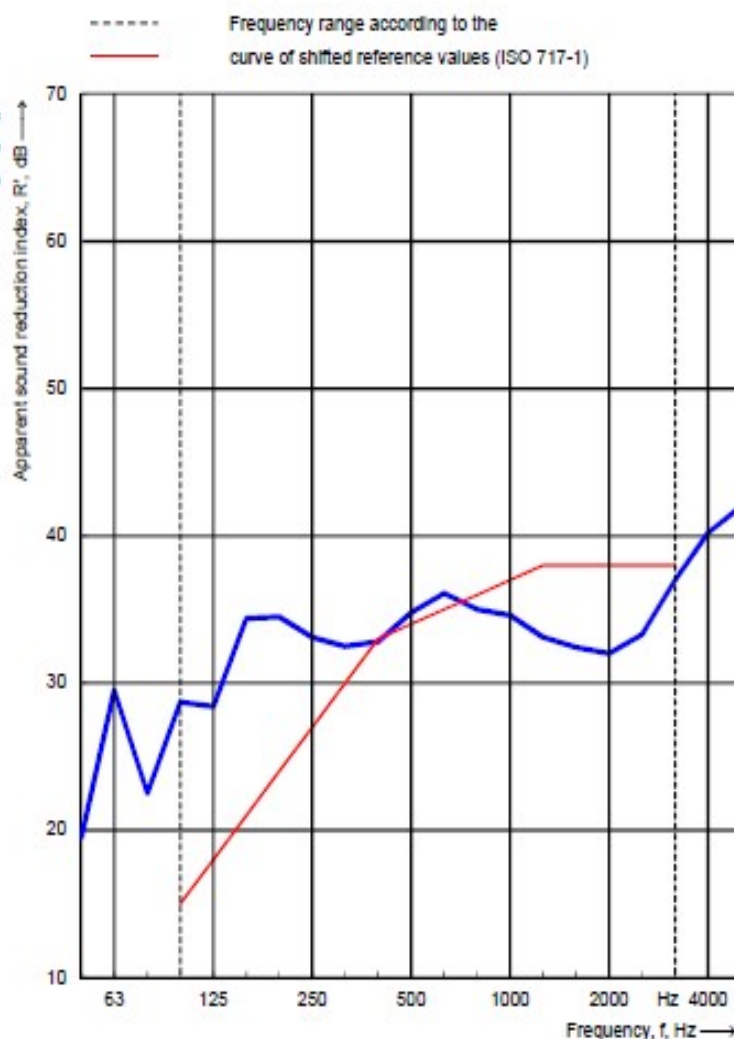
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut Date of test: 2.6.2017
 Description: Ilmaääneneristävyyssmittauksia huonetilojen välillä vaakasuntaan.
 Tikkariinne, D-talo, 1. kerros
 Object: D111 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element 8,40 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	19,5
63	29,5
80	22,5
100	26,7
125	26,4
160	34,4
200	34,5
250	33,1
315	32,5
400	32,8
500	34,8
630	36,1
800	35,0
1000	34,6
1250	33,1
1600	32,4
2000	32,0
2500	33,3
3150	37,0
4000	40,2
5000	42,0



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_b) = 34 (0 ; 0) \text{ dB}$ Evaluation based on field measurements results obtained
in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = 0 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{b,50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{b,50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{b,100-5000} = 0 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio
 No. of test report:

Date: 06.06.2017

Riku Tiira



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechtbühl AG

D112 - D107

6.6.2017

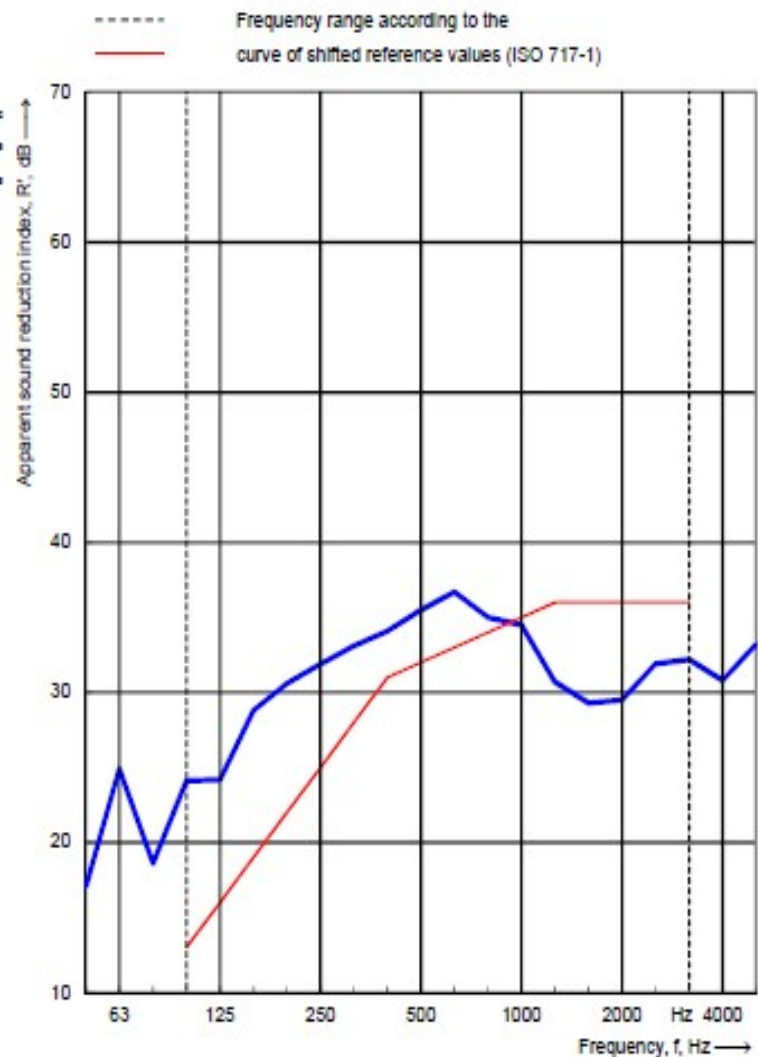
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut Date of test: 2.6.2017
 Description: Ilmaääneneristävyyssmittauksia huonetilojen välillä vaakasuuntaan.
 Tikkariinne, D-talo, 1. kerros
 Object: D112 Vastaanotto - D107 Odotustila

Area S of separating element 5,50 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 36,3 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	17,1
63	24,9
80	18,6
100	24,1
125	24,2
160	28,8
200	30,6
250	31,9
315	33,1
400	34,1
500	35,5
630	36,7
800	35,0
1000	34,5
1250	30,7
1600	29,3
2000	29,5
2500	31,9
3150	32,2
4000	30,8
5000	33,2



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 32 (0 ; 0) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = 0 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio
 No. of test report:

Date: 06.06.2017

Risto Tiiro

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechbühl AG

D115 - D114

6.6.2017

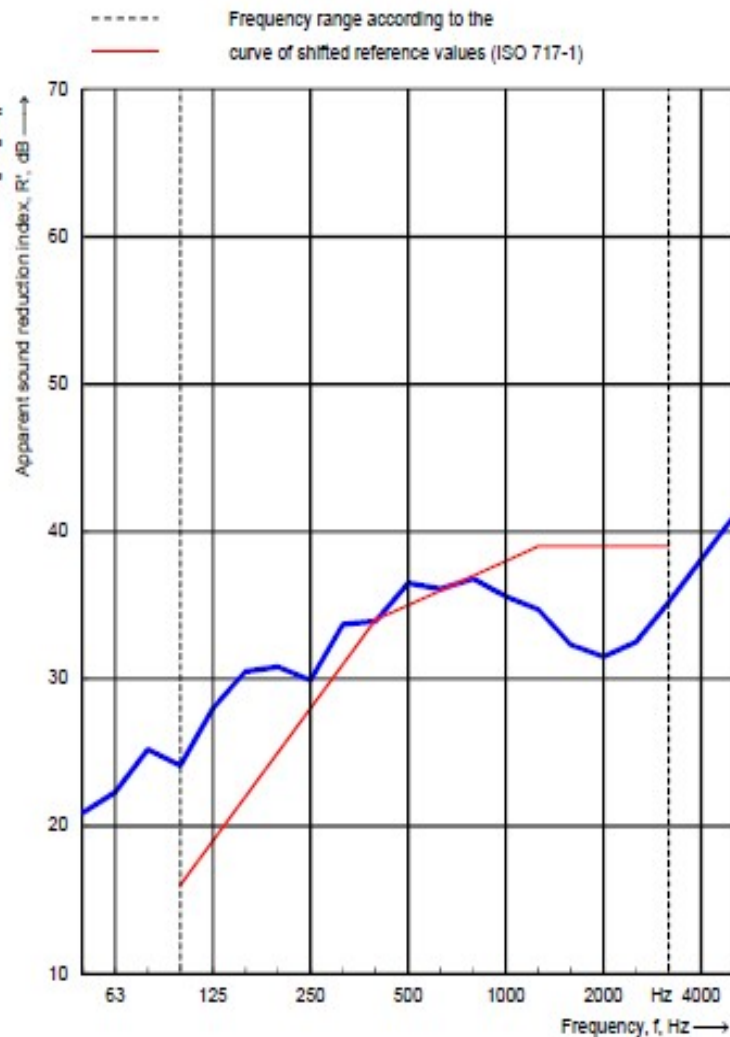
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut Date of test: 2.6.2017
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia huonetilojen välillä vaakasuuntaan.
 Tikkarinne, D-talo, 1. kerros
 Object: D115 Vastaanotto - D1114 Odotustila

Area S of separating element 6,20 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 27,7 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	20,9
63	22,3
80	25,2
100	24,1
125	28,0
160	30,5
200	30,8
250	29,9
315	33,7
400	33,9
500	36,5
630	36,1
800	36,8
1000	35,6
1250	34,7
1600	32,3
2000	31,5
2500	32,5
3150	35,2
4000	38,1
5000	41,0



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 35 (-1 ; -2) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = -2 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -2 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -2 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio
 No. of test report:

Date: 06.06.2017

Risto Tiiro



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 6/17

Norsonic Brechtbühl AG

D116 - D114

6.6.2017

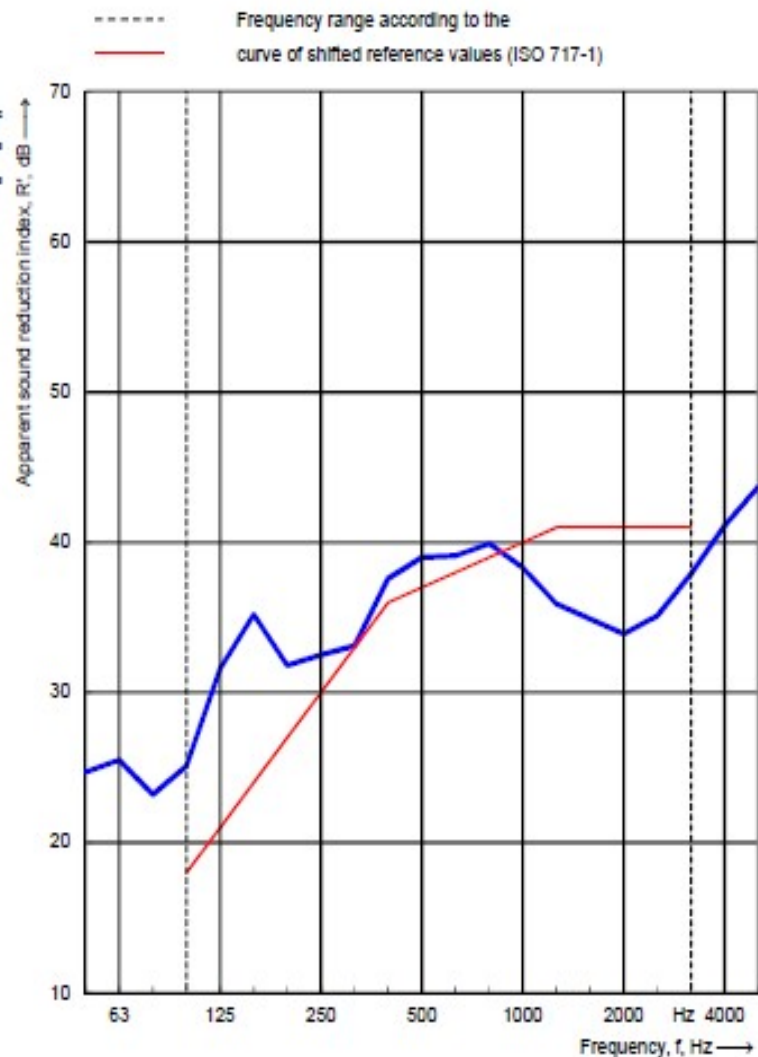
Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

Client: Karelia-amk, Toimitilapalvelut Date of test: 2.6.2017
 Description: Ilmaääneneristävyyksmittauksia huonetilojen välillä vaakasuntaan.
 Tikkarinne, D-talo, 1. kerros
 Object: D116 Vastaanotto - D1114 Odotustila

Area S of separating element 9,90 m²
 Source room volume: m³
 Receiving room volume: 27,7 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	24,7
63	25,5
80	23,2
100	25,1
125	31,6
160	35,2
200	31,8
250	32,5
315	33,1
400	37,6
500	39,0
630	39,1
800	39,9
1000	38,3
1250	35,9
1600	34,9
2000	33,9
2500	35,1
3150	37,9
4000	41,1
5000	43,7



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 37 (-1 ; -1) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 0 \text{ dB}$
 $C_{tr,50-3150} = -2 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -2 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -1 \text{ dB}$

Company: Karelia-amk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 06.06.2017

Riku Tiira

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Sami Douba, Tuomas Pajarinen, Antti Rönkkö

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI

Raportti
Helmikuu 2018

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Sisältö

1	Kohteen yleistiedot.....	3
2	Tavoite	3
3	Kuvaus kohteesta	3
4	Menetelmät ja havainnot.....	4
5	Tulokset	4

Liitteet

Liite 1 Mittaustulokset

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

1 Kohteen yleistiedot

Äänimittauskohteena on Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus, joka koostuu noin neljästä osasta. Tarkastelun kohteena on D-talon 1. kerroksessa sijaitsevat odotustila D107, sekä vastaanottotilat D110-D112 ja D114-D116.

Lisäksi tarkastellaan E-talon -1. kerroksessa olevien tilojen E161, E166 ja E167 välisiä lasiväliseiniä. Tikkarinne-kampus sijaitsee osoitteessa Tikkarinne 9, 80200 Joensuu.

2 Tavoite

Tämän mittauksen tavoitteena oli selvittää millä tasolla on huonetilojen välisten rakenteiden ilmaääneneristävyys, sekä selvittää mahdolliset vuotokohdat ja niiden merkittävyys.

Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Antti Rönkkö, Tuomas Pajarinen, sekä Sami Douba suorittivat kaikki ilmaäänimittaukset. Mittaukset suoritettiin 16.10-18.12.2017 välisenä aikana

3 Kuvaus kohteesta

Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus on rakennuksena monimuotoinen. Rakennuksen eri osissa on eri toimintoja, kuten hallintoa, opiskelupalveluita, kirjasto, ravintola, opetustiloja, sekä muita toimintaan liittyviä alueita. Kampusrakennus on peruskorjattu kuluneen vuosikymmenen aikana lähes kauttaaltaan.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Mitattavat tilat ovat vastaanottotiloja ja niihin liittyviä odotustiloja, joiden välisten väliseinien rakennesuunnitelmien mukainen rakennetyyppi on VS4, ja väliovien ilmaääneneristysluvaksi valmistaja on ilmoittanut R_w 35 dB. Lisäksi mitattavana tilana on myös peilisali, jonka jakaa vedettävä lasiväliseinä.

4 Menetelmät ja havainnot

Mitattavissa tiloissa paikallistimme merkittävimmät vuotokohdat Microflown Technologiesin Scan & Listen -järjestelmällä. Rakenteiden vuotokohtien mittaukseen käytimme tämän jälkeen Microflown Technologiesin Scan & Paint -järjestelmää, jolla pystyimme mittaamaan äänenpainetta, -intensiteettiä ja partikkelin nopeutta.

Kyseisten mittauksien avulla pystyimme samalla järjestelmällä luomaan vuotokohdista kaksiulotteiset äänikartat. Kuvien kaksiulotteisuudesta ja kuvauskulmista johtuen, äänikartan reunoilla saattaa ilmentyä pientä vääristymää vuotokohtien sijainnissa. Tämä ilmenee siten, että pahin vuotokohta esimerkiksi mitattujen oviaukkojen reunoista, saattaa näkyä äänikartassa hieman keskemällä ovea kuin mitä se todellisuudessa on.

5 Tulokset ja yhteenveto

Tulokset saatiin tarkastelemalla taajuuksia välillä 100-1500 Hz, sillä puheäänien taajuus, jonka kuuluvuus on kohteessa ollut ongelmana, sulkeutuu varmasti tälle välille. Taajuuskaistan yläpään venyimme mahdollisimman korkealle, 1500 Hz asti, jotta mittausteknisten häiriöiden vaikutus tuloksiin saataisiin minimoitua, kuitenkin tuloksia vääristämättä. Tuloksena saadut kuvat ovat tämän raportin liitteinä.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Merkittävimmät vuotokohdat kohteessa olivat tilojen välisissä ovissa. Jo lähtökohtaisestikin desibelivaihteluväli oli korkeammalla ovissa, kuin seinärakenteen läpivienneissä, johtuen seinärakenteen ovea paremmasta ääneneristävyydestä. Ovien vuotokohdissa desibelierot olivat 7-10 dB, mikä on havaittavissa jo puhtaalla korvakuulolla, ja on todennäköinen syy tilan äänitekniisiin ongelmiin. Läpivientien desibelierot olivat yleisesti maksimissaan 1 dB, jolla ei ole korvakuulolla havaittavaa vaikutusta tilan ongelmiin.

Peilisalissa vuotokohdat olivat pääosin ylä- ja alatiivisteissä. Vuotokohdat olivat 3-8 dB suuruisia, ja näistä tilan äänitekniset ongelmat todennäköisesti johtuvatkin. Peilisalien välisissä läpivienneissä ei havaittu vuotokohtia alustavassa tutkimuksessa, joten näitä ei äänivärikuvattu.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (1/18)



D110, ovi. Desibelivaihteluväli: 59,96-60,1 dB. Minimaalinen vuoto näkyy saranapuolen alanurkassa. Näin pienellä vuodolla ei käytännössä kuitenkaan ole merkitystä.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

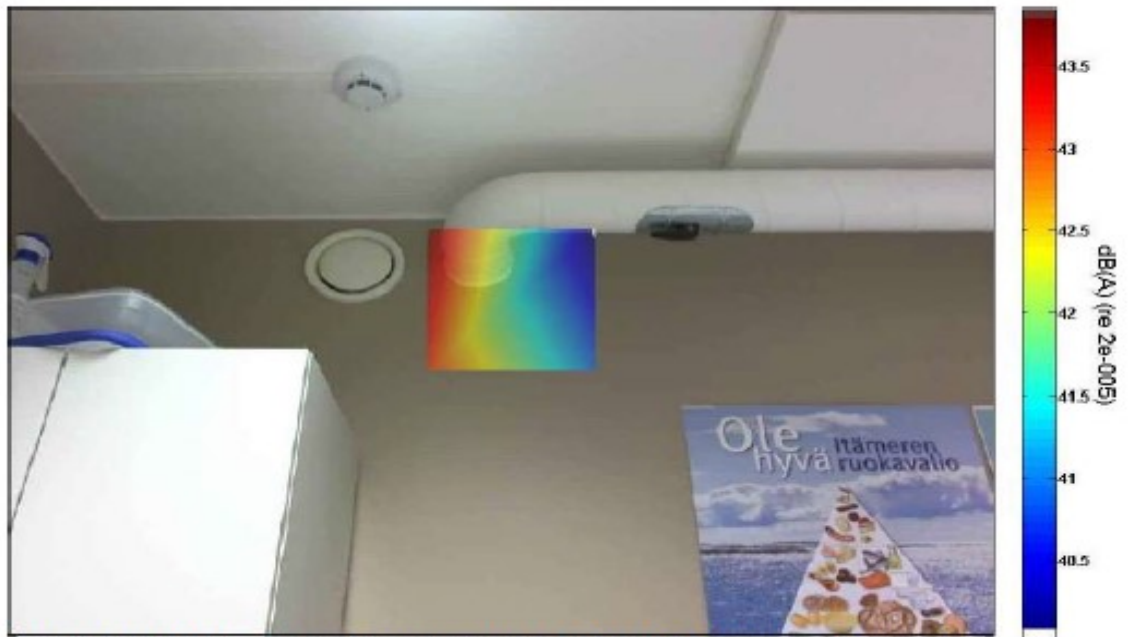
Liite 1 (2/18)



D111, vesijohdon läpivienti. Desibelivaihteluväli: 49,4-49,9 dB. Läpiviennistä voidaan havaita vuotoa, jolla ei käytännössä ole kuitenkaan vaikutusta tilan äänitekniisiin ongelmiin.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (3/18)



D111, IV-läpivienti. Desibelivaihteluväli: 40,5-43,5 dB. Havaittu vaihtelu johtuu todennäköisesti viereisen päätelaitteen tuottamasta äänestä, eikä niinkään läpiviennin vuodosta.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (4/18)



D111, ovi. Desibelivaihtelualue: 57-65 dB. Oven alareuna vuotaa reilusti.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (5/18)



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (6/18)



D112, ovi. Desibelivaihteluväli: 60-70 dB. Oven kahvanpuoleisessa ylänurkassa havaittavissa selkeää vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (7/18)



D115, lämpölinjan läpivienti. Desibelivaihteluväli: 45,35-45,75 dB. Läpiviennissä havaittavissa merkityksettömän pientä vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (8/18)



D115, kojerasia. Desibelivaihteluväli: 48-49,5 dB. Rasiassa havaittavissa pientä vuotoa, jolla ei käytännössä kuitenkaan ole vaikutusta tilan ääniteknisiin ongelmiin.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

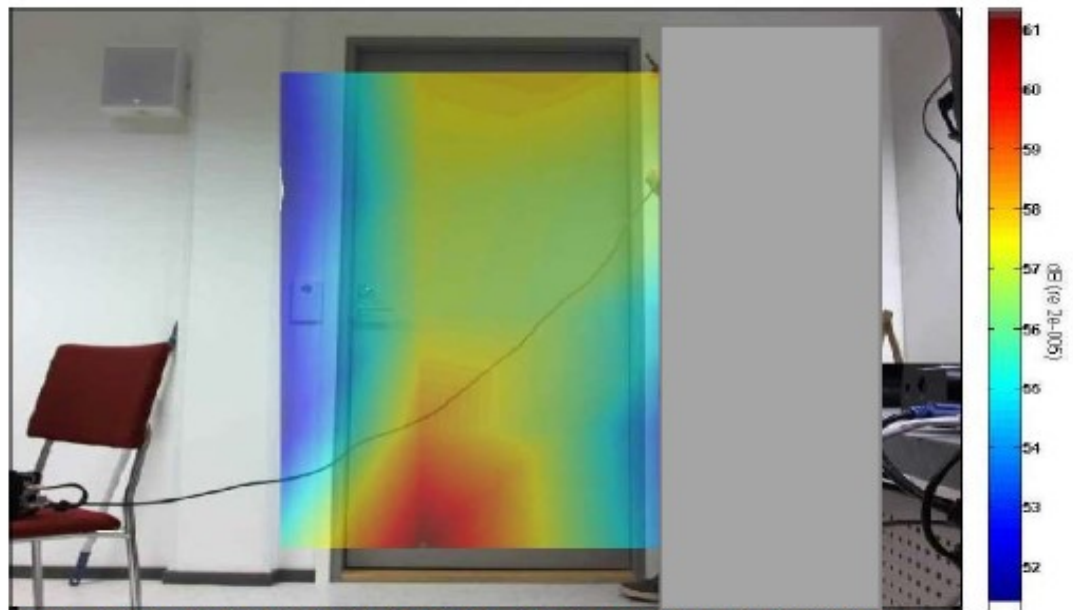
Liite 1 (9/18)



D115, ovi. Desibelivaihteluväli: 58-65 dB. Oven kahvanpuoleisessa ylänurkassa havaittavissa merkittävää vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (10/18)



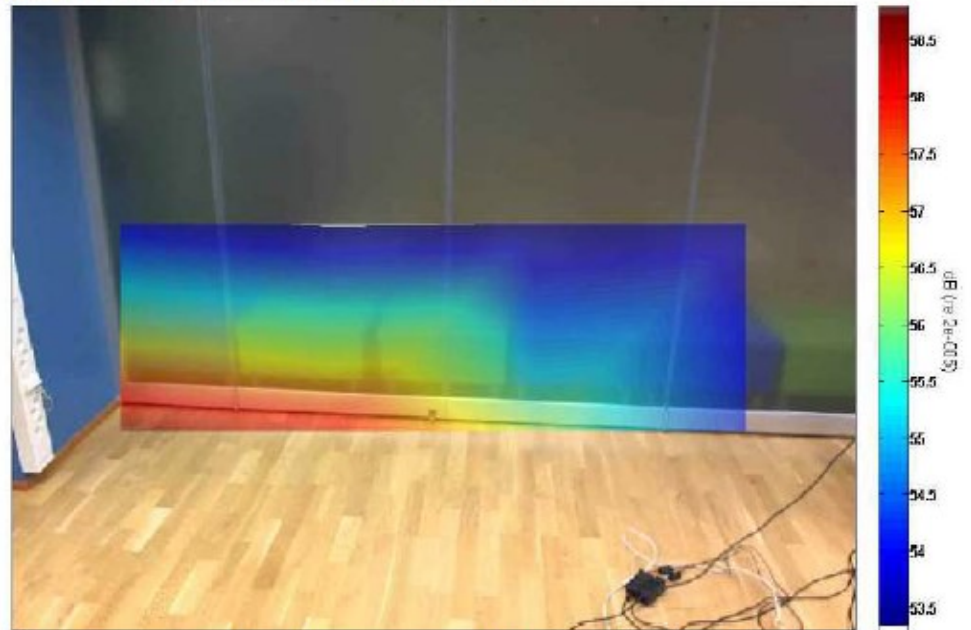
D116, ovi. Desibelivaihteluväli: 52-61 dB. Oven alareunassa havaittavissa merkittävää vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (11/18)

Perimmäinen lasiseinä vasemmalta ylhäältä	Perimmäinen lasiseinä oikealta ylhäältä	Etummainen lasiseinä vasemmalta ylhäältä	Etummainen lasiseinä oikealta ylhäältä
Perimmäinen lasiseinä vasemmalta alhaalta	Perimmäinen lasiseinä oikealta alhaalta	Etummainen lasiseinä vasemmalta alhaalta	Etummainen lasiseinä oikealta ylhäältä

Havainnollistava kuva D166 tilan lasiväliseinästä.



E166, perimmäinen lasiväliseinä vasemmalta alhaalta. Desibelivaihteluväli: 53,5-58 dB. Seinän vasemmassa alareunassa havaittavissa merkittävää vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

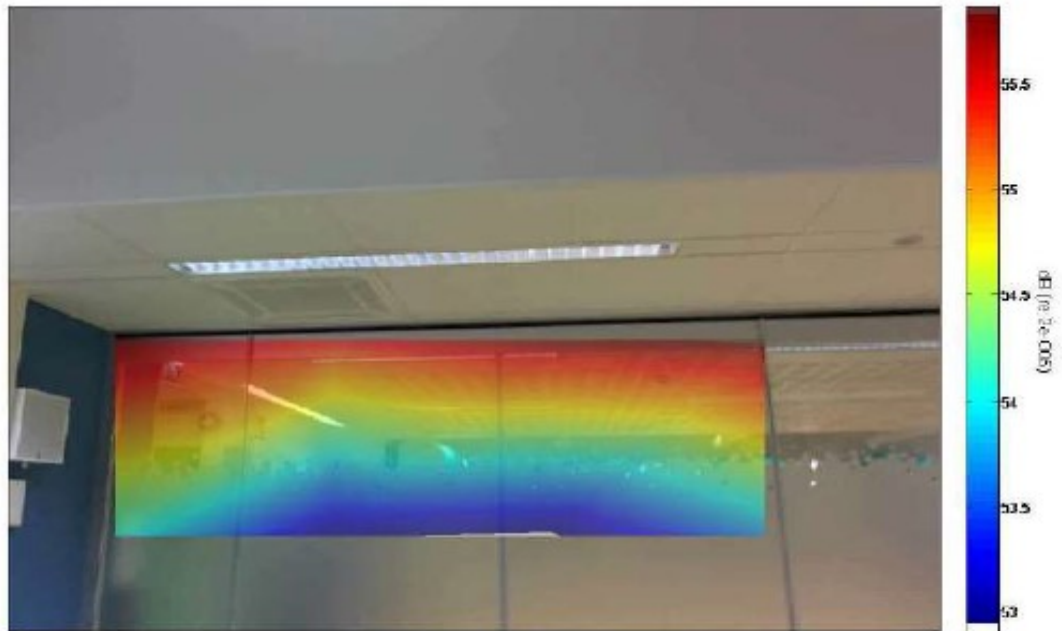
Liite 1 (12/18)



E166, perimmäinen lasiväliseinä oikealta alhaalta. Desibelivaihteluväli: 65-73 dB. Avattavan oven oikeassa alareunassa havaittavissa merkittävää vuotoa. Tämän mittauskohdan muita kohtia korkeampi desibelitaso johtuu äänilähteen läheisestä sijainnista.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

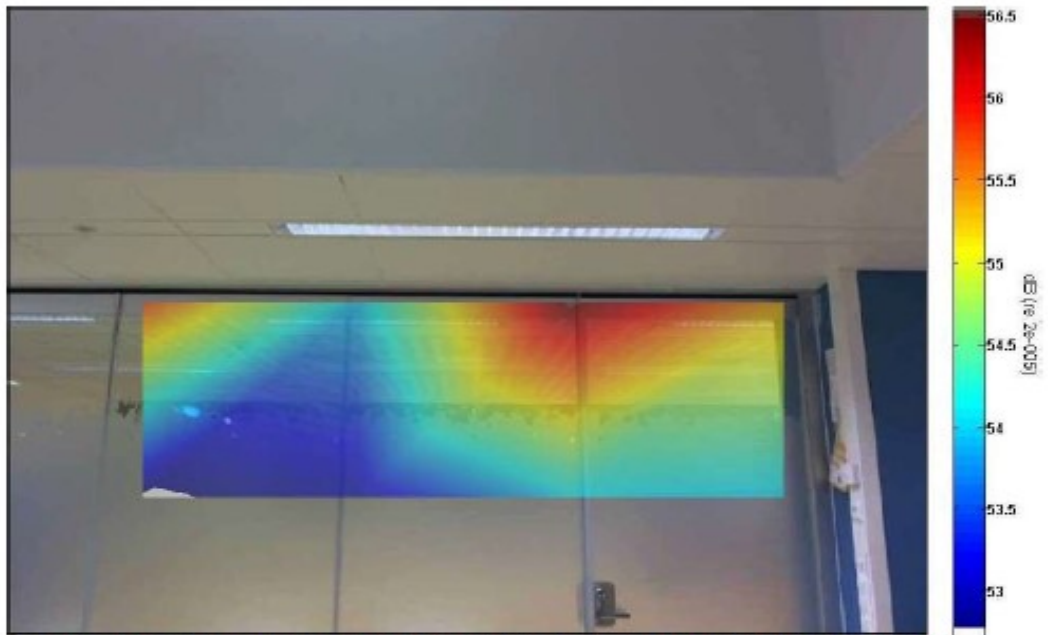
Liite 1 (13/18)



E166, perimmäinen lasiväliseinä vasemmalta ylhäältä. Desibelivaihteluväli: 53-56,5 dB. Seinän yläreunassa havaittavissa pienehköä vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (14/18)



E166, perimmäinen lasiväliseinä oikealta ylhäältä. Desibelivaihteluväli: 53-56,6 dB. Avattavan oviaukon yläreunassa havaittavissa pienehköä vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

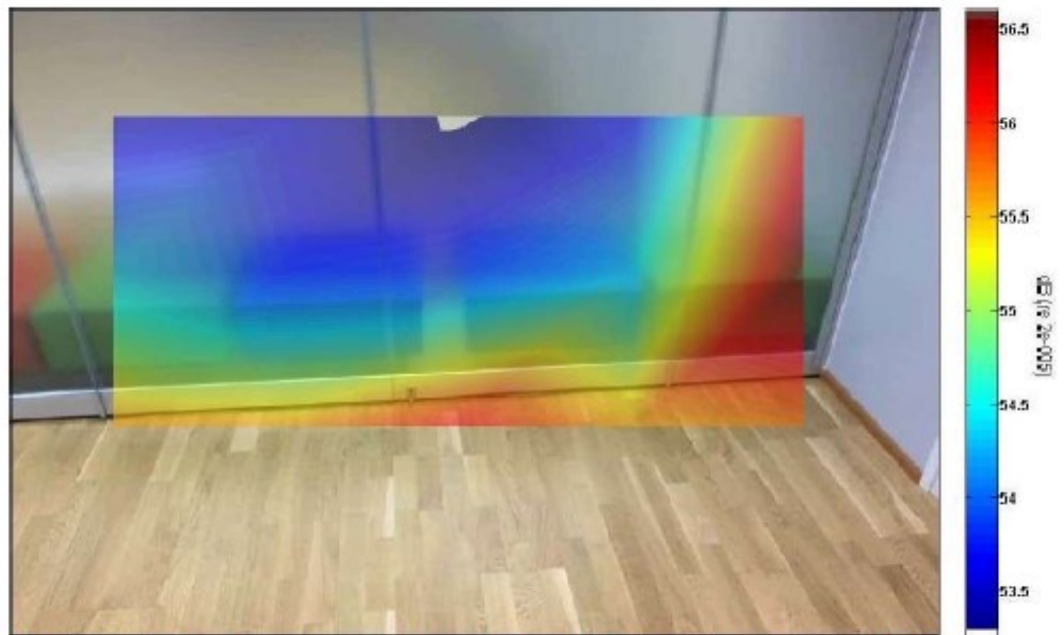
Liite 1 (15/18)



E166, etummainen lasiväliseinä vasemmalta alhaalta. Desibelivaihteluväli: 54,5-58,5 dB. Seinän alareunassa havaittavissa vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

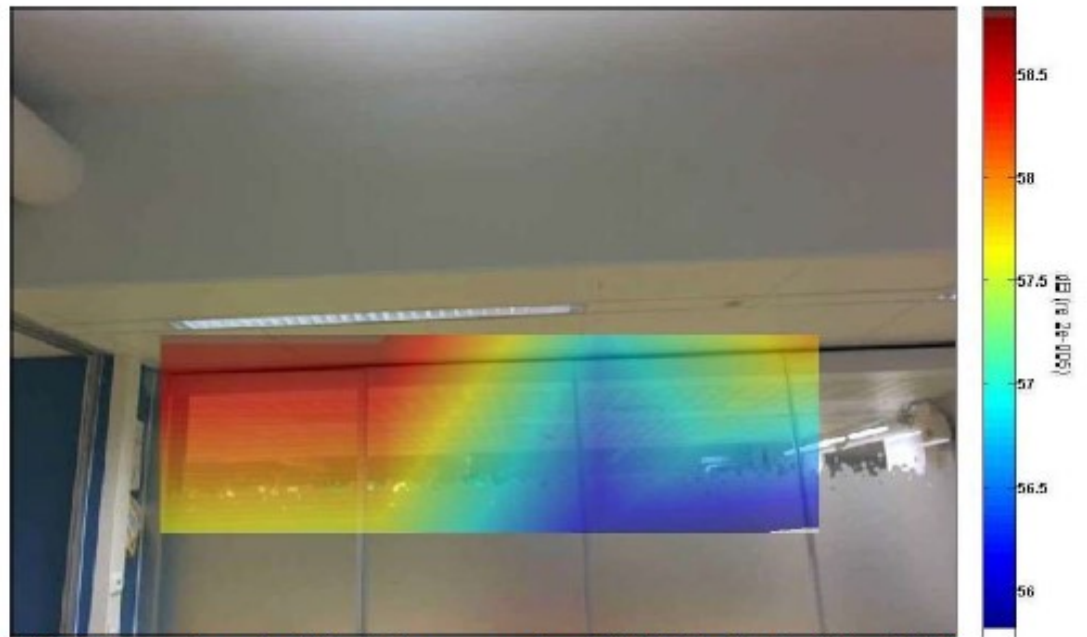
Liite 1 (16/18)



E166, etummainen lasiväliseinä oikealta alhaalta. Desibelivaihteluväli: 53,5-56,5 dB. Seinän oikeassa alanurkassa havaittavissa vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

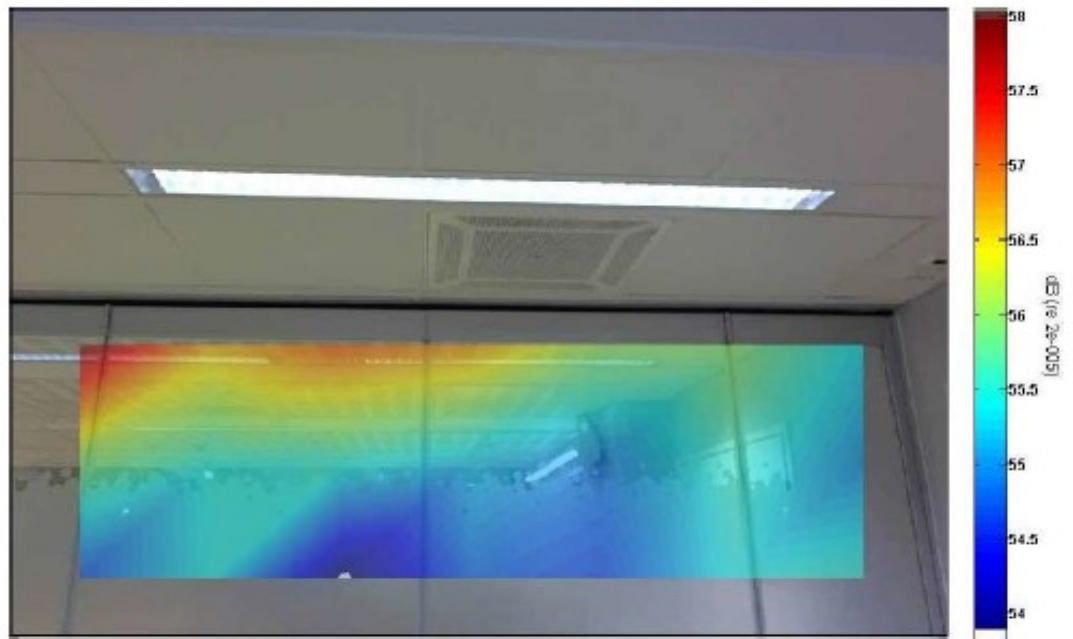
Liite 1 (17/18)



E166, etummainen lasiväliseinä vasemmalta ylhäältä. Desibelivaihteluväli: 56-68,5 dB. Seinän oikeassa ylänurkassa havaittavissa vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 02/18

Liite 1 (18/18)



E166, etummainen lasiväliseinä oikealta ylhäältä. Desibelivaihteluväli: 54-58 dB. Seinän yläreunassa havaittavissa vuotoa.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16



Ilmaäänennmittausraportti

**Karelia-ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio**

**KARELIA-AMK
Tikkarinne-kampus**

Mittaukset 8.3.2016

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI

KOHTEEN YLEISTIEDOT

KOHDE JA OSOITE

Äänimittauskohteena oli Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus.. Tarkastelussa olivat E- siivessä tiloissa E161, E166 ja E167 väliseinät, lasiväliseinät ja lasiovet. Tikkarinne-kampus sijaitsee osoitteessa Tikkarinne 9, 80200 Joensuu.

TUTKIMUKSEN TILAAJA

Tutkimuksen tilaajana on Karelia-ammattikorkeakoulun Toimitilapalvelut toimitilapäällikkö Matti Hyppänen.

TUTKIMUKSEN TAVOITE

Äänimittausten tavoitteena oli selvittää huoneiden välisten lasiseinien ja ilmaääneneristävyyttä.

TUTKIMUKSEN TEKIJÄT

Laboratorioinsinööri Riku Tiira, Karelia-ammattikorkeakoulu suoritti kaikki ilmaäänimittaukset sekä pinta-alojen ja huonetilavuuksien mittaukset.

TUTKIMUSAJANKOHTA

Ilmaäänimittaukset suoritettiin 8.3.2016 klo 9:00 – 10:00 välisenä aikana.

KUVAUS KOHTEESTA

Karelia-ammattikorkeakoulun Tikkarinne-kampus koostuu neljästä osasta. Osissa on eri toimintoja, hallintoa, opiskelupalveluita, kirjasto, ravintola, opetustiloja sekä muita toimintaan liittyviä alueita. Kampusrakennusta on peruskorjattu kuluvan vuosikymmenen aikana lähes kauttaaltaan. Eri tiloissa on käytetty lasiseiniä ja lasiliukuovia tilojen ja huoneiden jakajana.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

MENETELMÄT JA HAVAINNOT

Väliseinien ilmaääneneristävyydet mitattiin standardin SFS- EN ISO 16283-1 *Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation (ISO 16283-1:2014)* mukaisesti. Standardi on uusi ja se on vahvistettu 31.3.2014. Raportti on koostettu SFS-EN 16283-1 mukaan ja raportoidut tulokset on esitetty standardin SFS-EN ISO 717-1:2013 mukaan.

Tuloksissa R'_w on kenttämittauksilla määritetty rakenneosan ilmaääneneristävyytluku. Se ei erittele ovi- ja ikkunaosuuksia tai seinän eri materiaaleja lasista kipsilevyyn vaan nimenomainen ilmaneristävyytluku kuvaa koko kyseisen seinäosan ääneneristävyyttä. Myöskään mahdollisia sivutiesiirtymiä ei tällä mittaamenetelmällä voida määrittää tai eritellä. Sivutiesiirtymät vaikuttavat kentällä mitattavan rakenneosan läpi pääsevän äänen ominaisuuksiin ja ne muodostavat käytännössä yhdessä rakenneosan kanssa ilmaääneneristävyyden.

Tutkittavista tiloista mitattiin ja määritettiin niitä erottavan yhteisen rakenneosan pinta-ala sekä tilojen ilmatilavuus. Ilmaäänennmittauksissa äänisignaalina käytettiin vaaleanpunaista kohinaa (pink noise), jossa kohinateho kasvaa matalampia taajuuksia kohti. Mittausäänepaineen tulee olla vähintään 10 dB yli taustamelun.

Lähetävässä tilassa mitattiin vaaleanpunaisen kohinan äänenpaine, L_1 . Vastaanottavassa tilassa mitattiin rakenteen läpi tulevan saman äänenpaineen, L_2 , lisäksi tilan jälkikaiunta-aika, T , sekä taustamelu, L_b . Mittalaite oli NorSonic Nor140 äänimittari, aiheutettu mitattava melu tehtiin Nor280 – vahvistimella ja Nor276 6-elementtisellä puolipallon muotoisella kaiuttimella. Tulokset käsiteltiin Norsonic NorBuild-sovelluksella. Mittalaite kalibroitiin ennen ja jälkeen mittausten Nor1251-kalibraattoria käyttäen.

Äänilähde oli lasiseinien ja muiden väliseinien mittauksissa vastaanottotilan viereisessä tilassa niin, että pääsääntöisesti lähetävä tila on suurempi ja vastaanottava tila pienempi näistä kahdesta. Päinvastoin meneteltiin, kun se oli tilanteen mukaan kätevämpi tehdä. Vastaanottava tila on usein muodoltaan yksinkertaisempi kuin lähetävä tila. Tällöin vastaanottavassa tilassa tilavuuden sekä pinta-alan mittaukset ja laskennat ovat tarkemmat.

Mitattaessa taustamelua, jälkikaiunta-aikaa sekä lähetävän tai vastaanottavan tilan äänenpainetta, tiloihin liittyvät ovet olivat mittausten aikana huolellisesti suljettuja.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

TULOKSET

Uusintamittaukset 8.3.2016

E166 Plinttiluokka ja E167 Plinttiluokka

välisen "Siirtolasiseinä h 2400 mm 35 dB" -merkinnällä varustetun lasiseinän

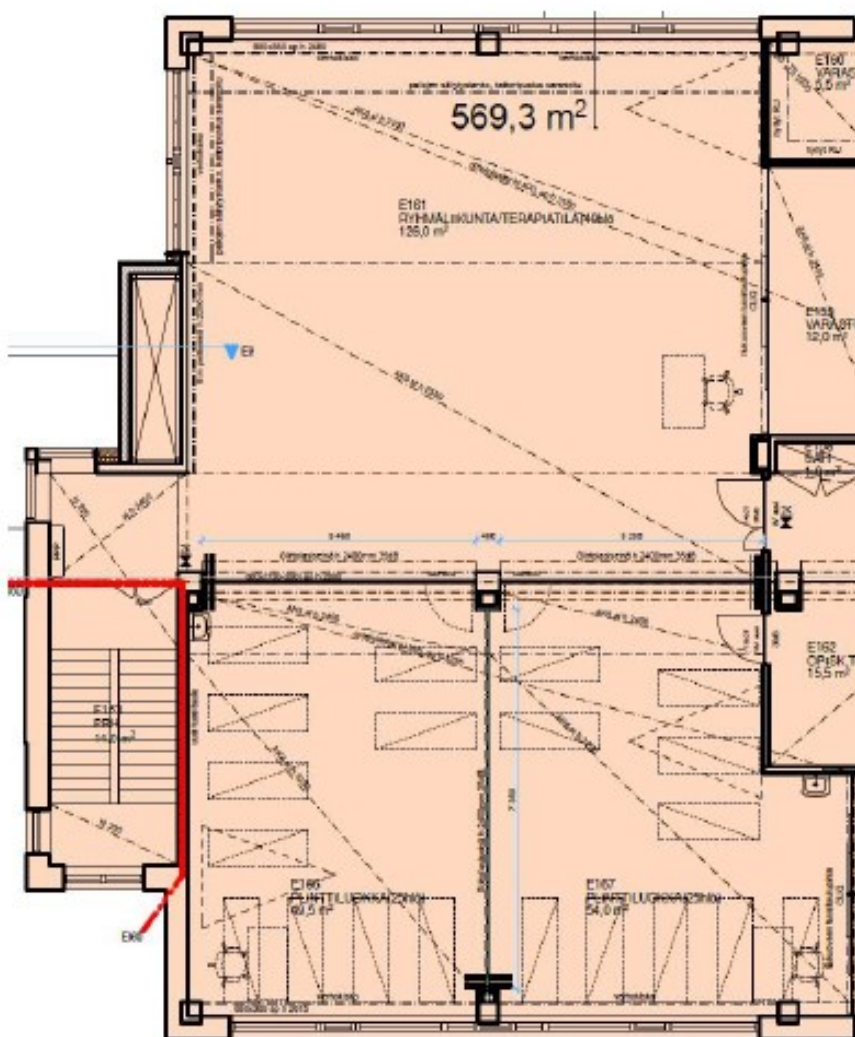
ilmaääneneristävyyksiksi mitattiin 9.7.2014

 $R'_w (C; C_{tr}) = 21 (-1; -1) \text{ dB}$.

29.12.2014 ääneneristävyyksiksi mitattiin

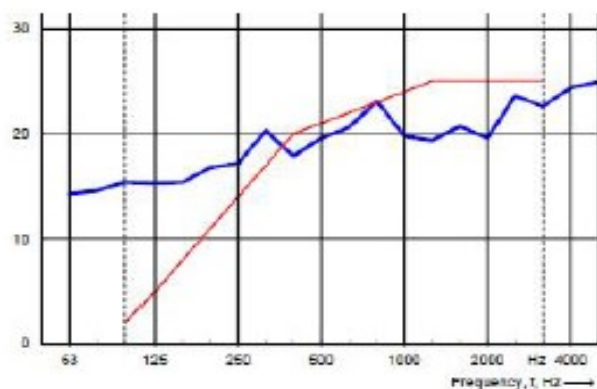
 $R'_w (C; C_{tr}) = 22 (-1; -1) \text{ dB}$.

8.3.2016 ääneneristävyyksiksi mitattiin

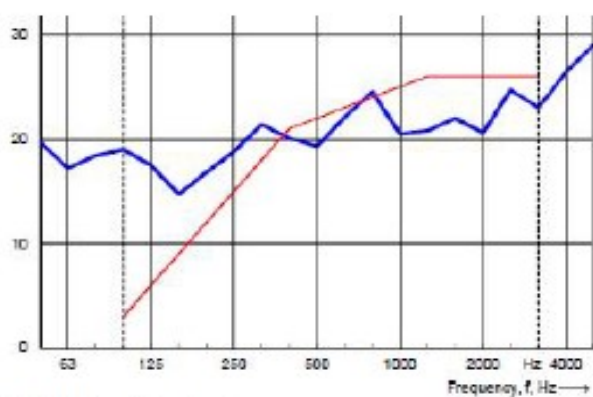
 $R'_w (C; C_{tr}) = 22 (0; -1) \text{ dB}$.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

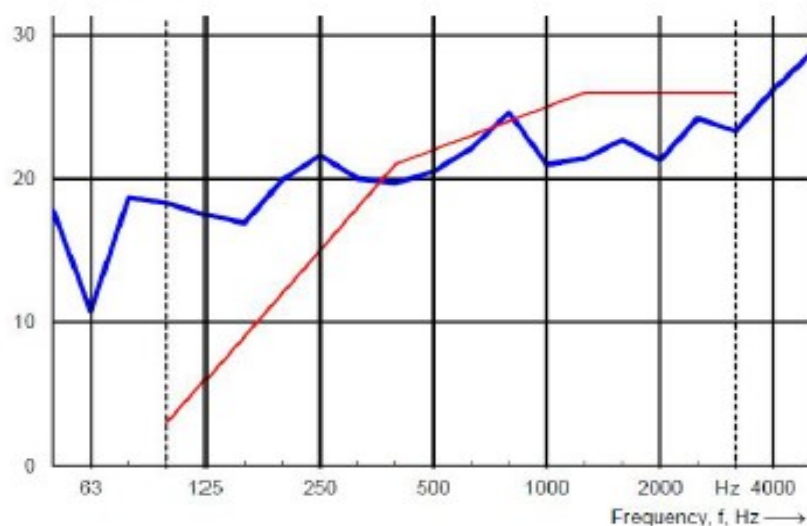
9.7.2014 mittaukset



29.12.2014 mittaukset



8.3.2016 mittaukset



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

E166 Plinttiluokka ja E161 Ryhmäliikunta/terapia

välisen "Siirtolasiseinä h 2400 mm 35 Db" -merkinnällä varustetun lasiseinän

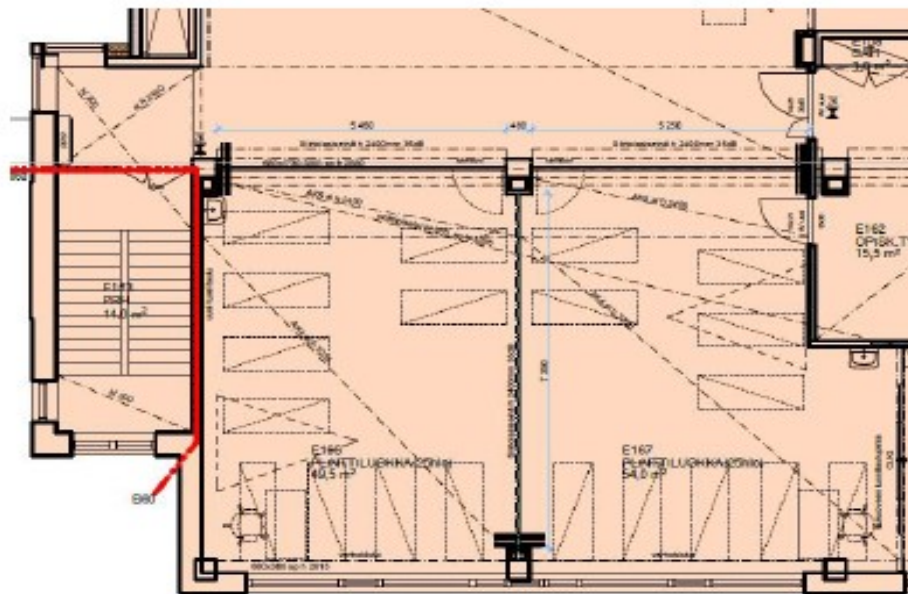
ilmaääneneristävyyksiksi mitattiin 9.7.2014

 $R'_w (C; C_{tr}) = 21 (0; -1) \text{ dB}$.

29.12.2014 ääneneristävyyksiksi mitattiin

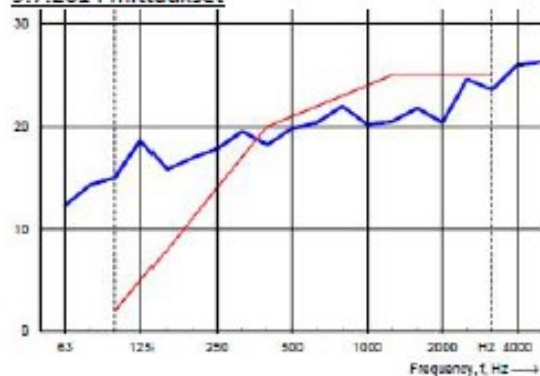
 $R'_w (C; C_{tr}) = 23 (0; -1) \text{ dB}$.

8.3.2016 ääneneristävyyksiksi mitattiin

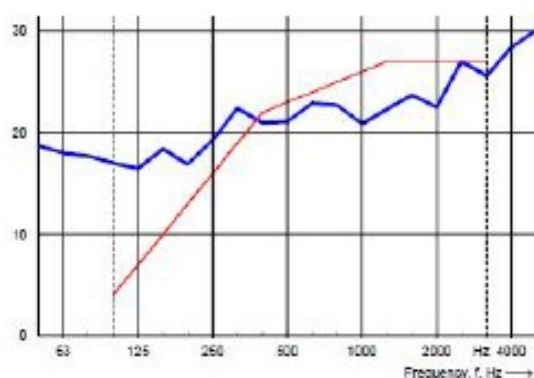
 $R'_w (C; C_{tr}) = 23 (0; 0) \text{ dB}$.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

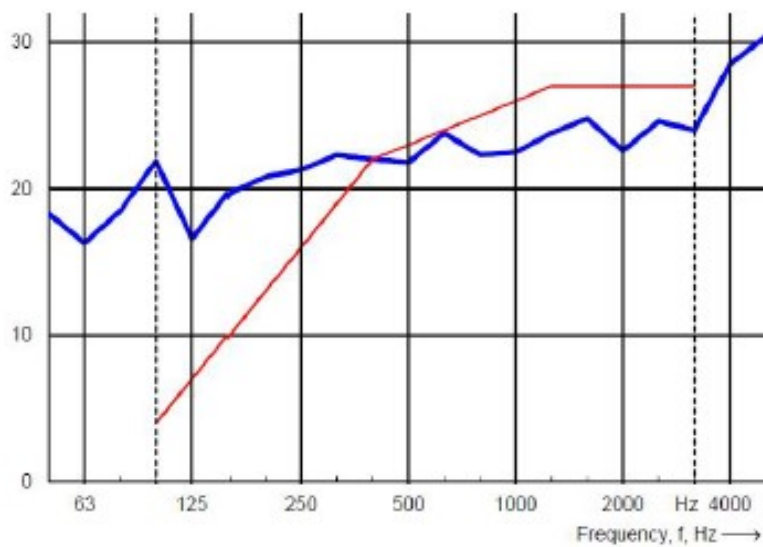
9.7.2014 mittaukset



29.12.2014 mittaukset



8.3.2016 mittaukset



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

Spektriadaptaatiotermejä C ja C_{tr} käytetään tuloksissa luonnehtimaan ääneneristävyyttä monen tyyppisen melun suhteen. Spektriadaptaatiotermiä C käytetään ottamaan huomioon A-painotetun vaaleanpunaisen kohinan aiheuttaman melun ja termiä C_{tr} käytetään A-painotetun tieliikennemelun taajamassa vaikutusta ääneneristävyytlukuun.

Liitteessä 1 on esitetty tarkemmin väliseinien ääneneristävyyksmittausten tulokset ja niitä kuvaavat käyrät mitatuilla taajuusalueilla. Punainen käyrä on mitattujen tulosten perusteella ohjelmallisesti laskettu vertailukäyrä. Sininen käyrä muodostuu mitatuista tuloksista. Punaisen käyrän yläpuolella oleva sininen käyrä edustaa vertailukäyrää parempaa ääneneristävyyttä. Ääneneristävyytluku $R'w$ on vertailukäyrällä 500 Hz kohdalla oleva R' , dB – arvo.

Äänimittaustulosten toistettavuus on noin $\pm 1,5$ dB. Toistettavuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä seuraavaa: vaikka itse mittaus onkin tarkempi, mittarin paikka tilassa, siirrettävien huonekalujen paikat, paikalla olevat irtotavarat, mittaushenkilöiden paikat yms. seikat voivat vaikuttaa mittaustulokseen. Tämän vuoksi samalla menetelmällä tehdystä uusintamittauksesta ei saada todennäköisesti aivan samaa tulosta.

Desibeliasteikko ei ole lineaarinen vaan logaritminen. Kun äänitaso nousee 3 dB – yksikköä, äänen voimakkuus kasvaa kaksinkertaiseksi. Kuuloaisti arvioi äänenvoimakkuuden muutoksen kaksinkertaiseksi vasta, kun äänenpainetaso on noussut noin 8 dB.

Joensuussa 8.3.2016

Riku Tiira

Riku Tiira, RI, Laboratorioinsinööri

Liite 1: Äänimittauksen tulokset, väliseinät,
3 sivua

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16**LIITE 1, ilmääänimittausten tulokset kuvaajana ja taulukossa.**

Kuvaajassa sininen käyrä on sivun vasemman puoleisen reunan taulukon arvojen kuvaaja. Punainen käyrä on standardin SFS-EN ISO 717-1 perustein muunnettu kuvaaja 100 Hz – 3150 Hz välisten taajuuksien arvoista. Ilmäääneneristävyytluku on punaisen käyrän 500 Hz kohdalla oleva arvo.

Liitteessä olevat tiloja erottavien väliseinien pinta-alat ja huoneiden tilavuudet on mitattu ja laskettu paikan päällä. Ruokasalin tilavuutta on karkeasti arvioitu. Mitattavaa melua lähettävän tilan tilavuus ei vaikuta mittauksen lopputulokseen.

Merkinnän Background noise too high – kohdalla olevien taustamelun mittausrvojen korjaukset on NorBuild - sovellus tehnyt standardin mukaan ohjelmallisesti.

ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

Norsonic Brechtbühl AG

E161 - E166_160308_0002.NBF

8.3.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

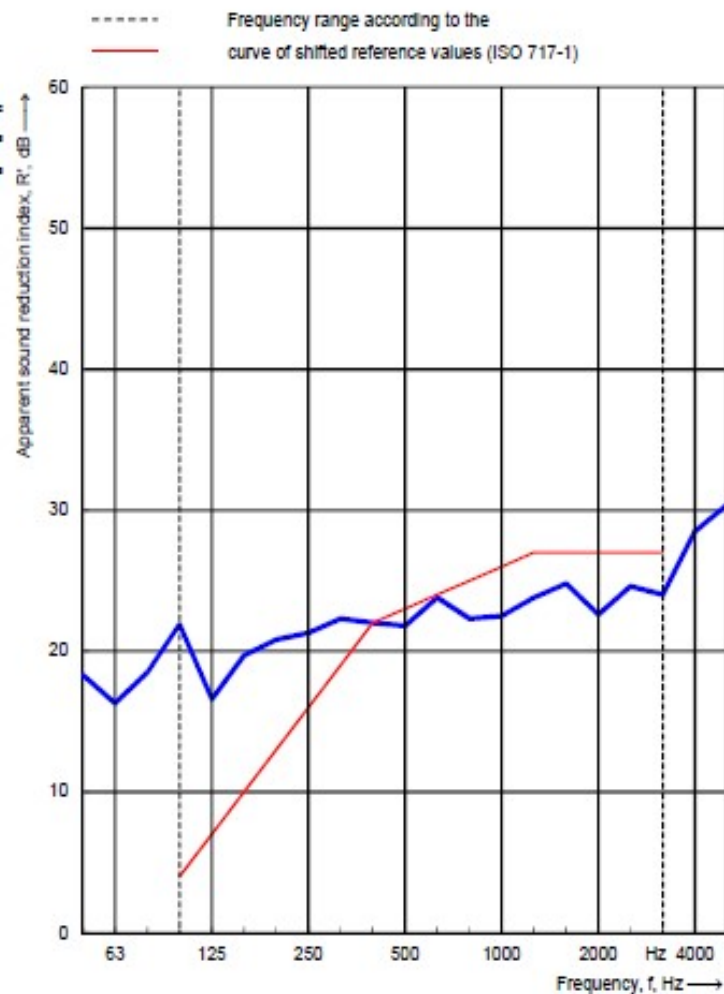
Client: Karelia-ami, Tolmityöpalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyden mittaukset lasiseinistä.

Date of test: 8.3.2016

Object: Tikkarinne, E161 Ryhmäliikunta / Terapia - E166 Plinttiluokka

Area S of separating element 13,00 m²
 Source room volume: 323 m³
 Receiving room volume: 147,0 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	18,3
63	16,3
80	18,5
100	21,9
125	16,6
160	19,7
200	20,8
250	21,3
315	22,3
400	22,0
500	21,8
630	23,8
800	22,3
1000	22,5
1250	23,8
1600	24,8
2000	22,6
2500	24,6
3150	24,0
4000	28,5
5000	30,4



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 23 (0; 0) \text{ dB}$

Evaluation based on field measurements results obtained in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = 0 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = 1 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = 1 \text{ dB}$
 $C_{9,50-3150} = -1 \text{ dB}$ $C_{9,50-5000} = -1 \text{ dB}$ $C_{9,100-5000} = 0 \text{ dB}$

Company: Karelia-ami, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 08.03.2016

Signature:



ILMAÄÄNENMITTAUSRAPORTTI 03/16

Norsonic Brechtbühl AG

E167 - E166_160308_0003.NBF

8.3.2016

Apparent sound reduction index according to ISO 16283-1

Field measurements of airborne sound insulation between rooms

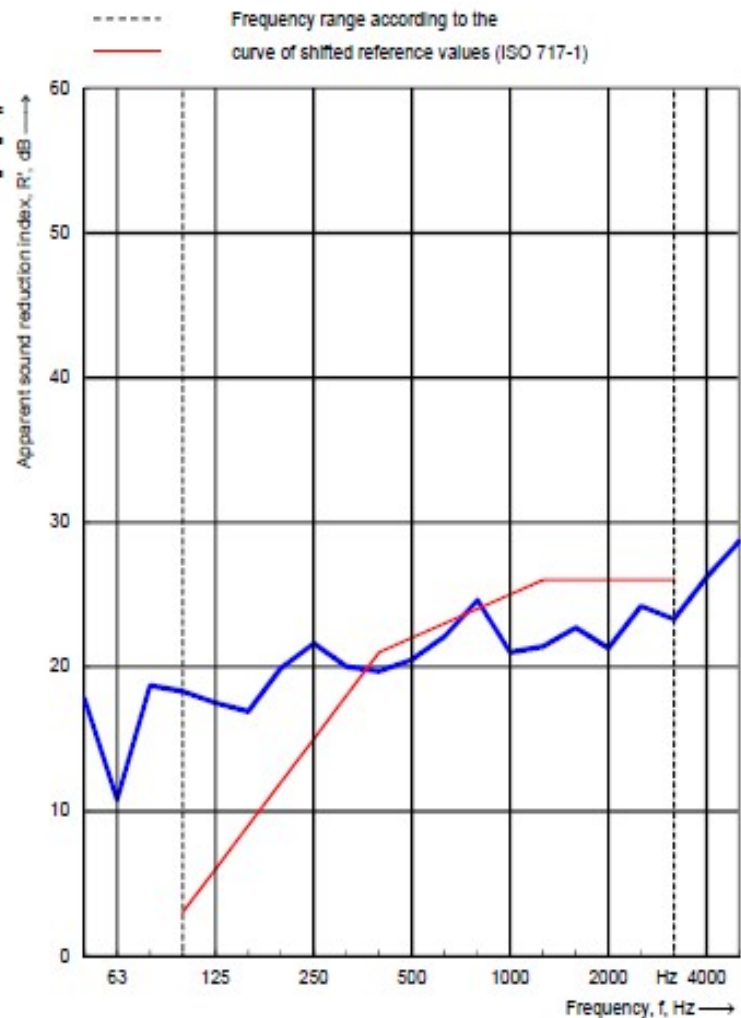
Client: Karelia-ammk, Toimittajapalvelut
 Description: Ilmaääneneristävyyshälytysmittaukset lasiseinistä.

Date of test: 8.3.2016

Object: Tikkarinne, E167 Plinttiluokka - E166 Plinttiluokka

Area S of separating element: 17,50 m²
 Source room volume: 146 m³
 Receiving room volume: 147,0 m³

Frequency f [Hz]	R' 1/3 octave [dB]
50	17,8
63	10,8
80	18,7
100	18,3
125	17,5
160	16,9
200	19,9
250	21,6
315	20,0
400	19,7
500	20,5
630	22,1
800	24,6
1000	21,0
1250	21,4
1600	22,7
2000	21,3
2500	24,2
3150	23,3
4000	26,2
5000	28,7



Rating according to ISO 717-1

 $R'_w(C;C_{tr}) = 22 (0 ; -1)$ dB

Evaluation based on field measurements results obtained
 in one-third-octave bands by an engineering method.

$C_{50-3150} = 0$ dB $C_{50-5000} = 1$ dB $C_{100-5000} = 1$ dB
 $C_{tr,50-3150} = -1$ dB $C_{tr,50-5000} = -1$ dB $C_{tr,100-5000} = -1$ dB

Company: Karelia-ammk, Rakennuslaboratorio

No. of test report:

Date: 08.03.2016

Signature:

